



Potencial de Generación Eléctrica Distribuida Mediante Sistemas Fotovoltaicos Integrados en los Edificios Públicos de la Ciudad de Gandia

Proyecto Fin de Grado Ingeniería Eléctrica

Autor:

Joaquín López Ibáñez

Director:

Juan Ángel Saiz Jiménez

Objeto – Justificación - Introducción

- Evaluar y demostrar la viabilidad energética, económica y medioambiental de implantar sistemas de generación de energía fotovoltaica en el entorno urbano local, concretándose el estudio en el posible aprovechamiento de las cubiertas de los edificios públicos municipales existentes en la ciudad de Gandia.

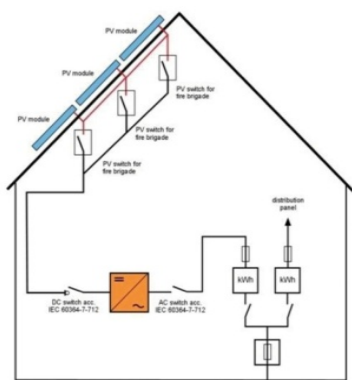


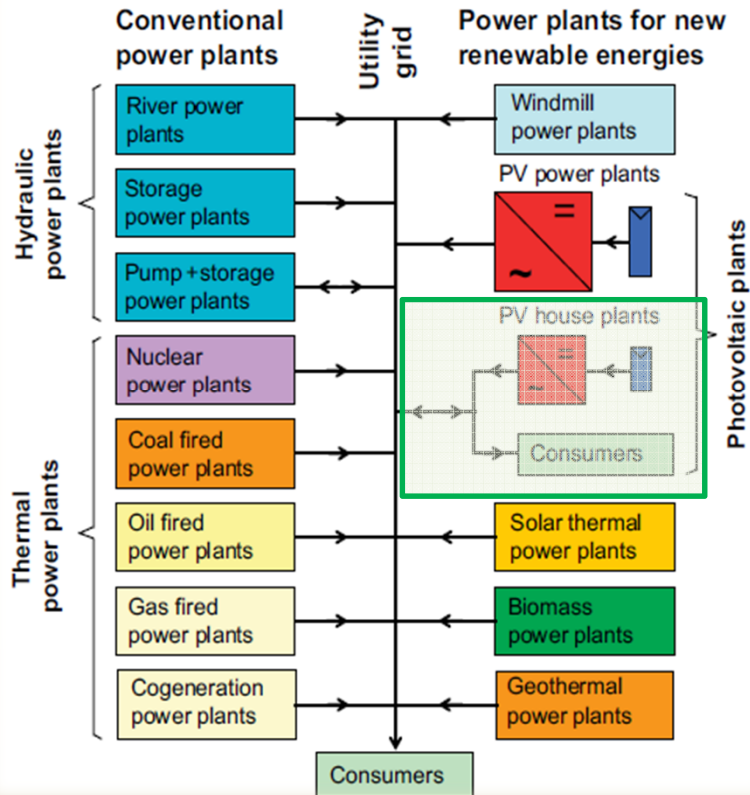
Plate 6 Figure 19.10 Ota City, Japan distributed 550 on-grid residential systems, 2.2 MW (Courtesy of Hironobu Igarashi)



Friburgo (Alemania)

En España, donde hay más horas de sol, no hay iniciativas de este tipo.

Microrredes de Energía con Renovables

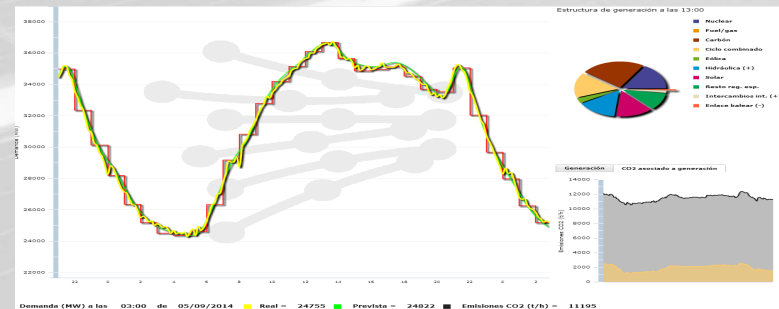


¿ La Generación Eléctrica del futuro ?

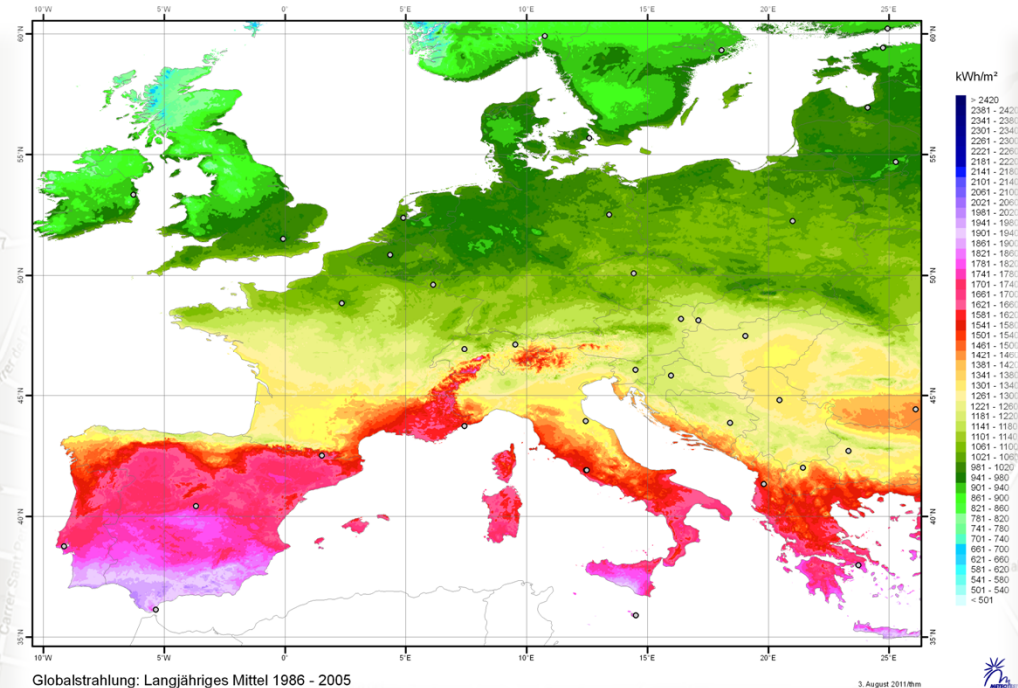
Integración de sistemas
bidireccionales FV en la red de
distribución eléctrica.

Beneficios para el Municipio

- ***IMPULSO DE LA ECONOMÍA LOCAL***
- ***BENEFICIOS EDUCATIVOS***
- ***MEJORA DE LA IMAGEN DEL MUNICIPIO***
- ***MEJORA DE LA RED ELÉCTRICA LOCAL***
- ***EDIFICIOS DE CONSUMO CASI NULO***
- ***BENEFICIOS PARA EL MEDIO AMBIENTE***



Localización Geográfica



Irradiación media global de 1.600 kWh/m² al año sobre una superficie horizontal

Información Geográfica de Gandia

Latitud en grados decimales:	38,97
Longitud en grados decimales:	- 0,18
Latitud en grados, minutos y segundos:	38° 58' 2" N.
Longitud en grados, minutos y segundos:	0° 10' 45" O
Altitud:	22 m
Superficie:	60,83 km ²
Clima:	Mediterráneo

Consumo de Energía Edificios Municipales

CONSUMO DE ENERGÍA EDIFICIOS MUNICIPALES AÑO 2011.

Nº de Edificios	Energía Eléctrica		Energía Térmica	
	Consumo kWh/año	Coste Energético €/año	Consumo kWh/año	Coste Energético €/año
115	5.001.548	951.226,33	421.943	38.347

El total del consumo energético del conjunto de edificios municipales es de **5.001.548 kWh /año (5.000 MWh/año- 5 GWh/año)** que supone un coste anual, referido al año 2011 de **951.226, 33 €**.

El consumo en alumbrado público en 2011 fue de 8.851.096 kWh (8,85 GWh) y el coste de **1.2663.205 €/año**.

Selección de Edificios Municipales

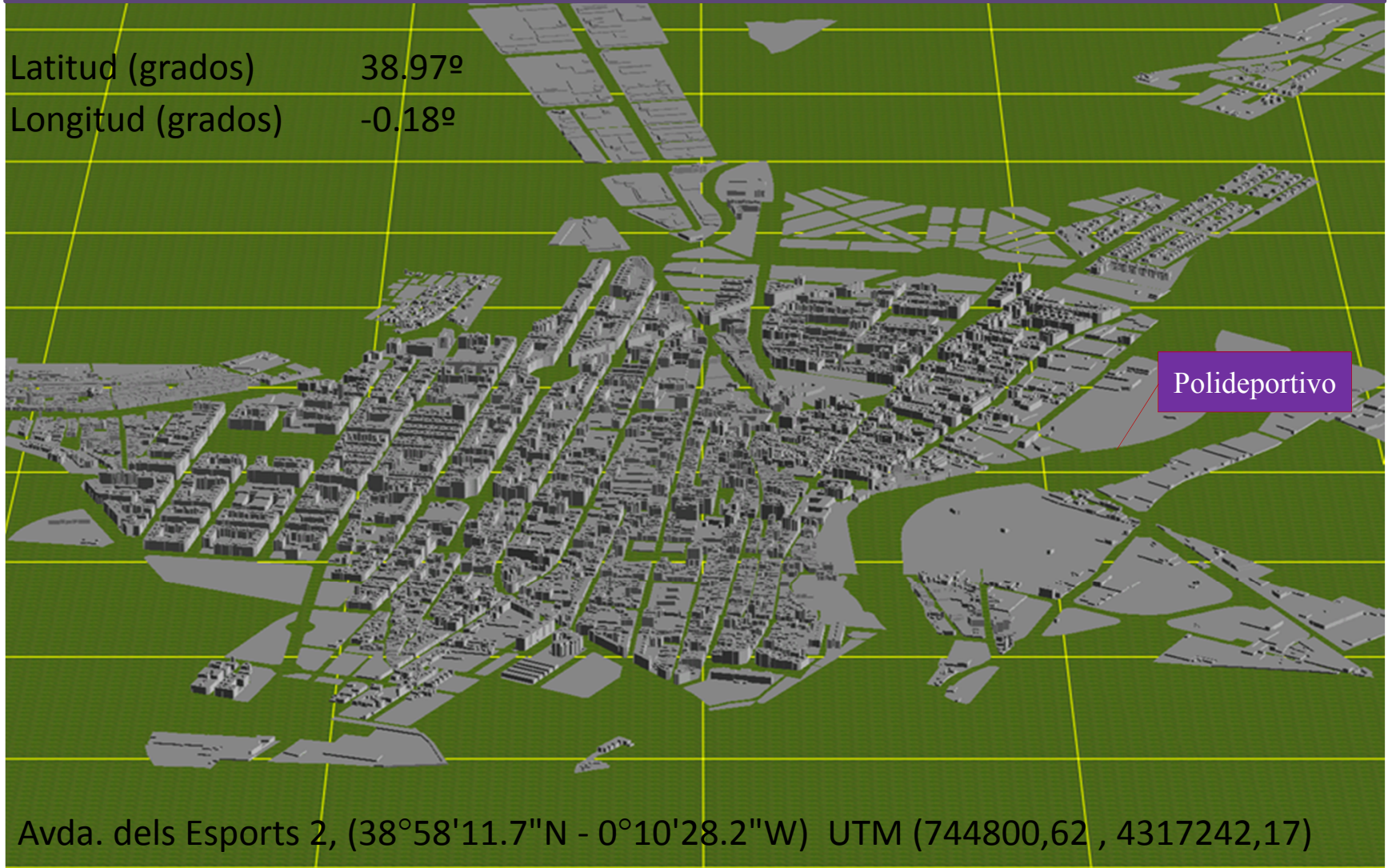
Suministro	Edificio	Pot. Contrato. (kW)	Anual (kWh)	Anual (€/año)
400922046	Camp Futbol Rois de Corella	250	167.690	34.674,97
400805110	Complexe Poliesportiu	400	801.911	127.858,69
400805327	Casa Consistorial	160	428.879	61.874,10
400805364	Casa Cultura Marqués González de Quirós	160	88.662	20.905,02
400802971	Centre Cultural	45	197.171	36.088,74
400804682	Centre de Serveis Integrals	120	153.525	26.288,11
421759859	Centre Ocupacional(Urbalab)	35	6.375	1.917,52
355190126	Centre Ocupacional (Urbalab)	2,2	337	847,59
400804475	Ecopark	23,1	4.031	1.422,27
397067811	Oficines Municipals "C.Tossal"	135	166.564	30.315,10
400922230	Centre d'Educacio Especial	100	67.919	13.774,79
396208460	Centre d'Educatiu. "Botanic.Cavanilles"	54	50.012	9.130,88
400804840	Centre "Botanic. Cavanilles"	25	8.087	2.131,79
400805558	Centre Rois de Corella	45,2	105.039	17.808,44
432017422	Universitat Popular Infantil	94	2.937	3.990,87
400805923	Oficines Foment Economic	41,6	30.211	6.547,36
400804037	Oficines Foment Economic	17,32	34.052	6.230,20
400922162	Oficines Serveis Socials	26,4	2.533	1.415,30
400804189	Museu Arqueològic		72.833	14.479
TOTAL			2.388.768	417.701

Se elige como edificio piloto para el estudio el **COMPLEJO POLIDEPORTIVO**, potencia contratada **400 kW**, consumo eléctrico año 2011 **801.911 kWh/año (802 MWh/año)**. Contratato Tarifa 3.1A.

Polideportivo- Situaci3n

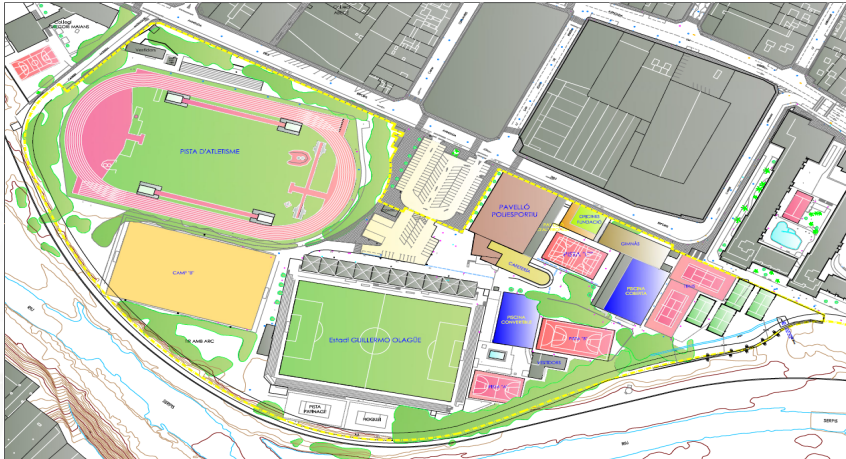
Latitud (grados) 38.97°

Longitud (grados) -0.18°



Avda. dels Esports 2, (38°58'11.7"N - 0°10'28.2"W) UTM (744800,62 , 4317242,17)

Polideportivo - Consumo Energía



Evolución de consumo energético anual.

Año	Consumo anual (kWh/año)	Δ anual %	Coste anual (€/año)	Δ Coste %	Coste medio kWh €/kWh	Δ Coste medio %
2010						
2011	801.911		127.859		0.159	
2012	777.168	-3,08	128.235	0,29%	0.165	3,77%
2013	766.560	-1,36	136.606	6,53%	0,178	7,88%
2014						

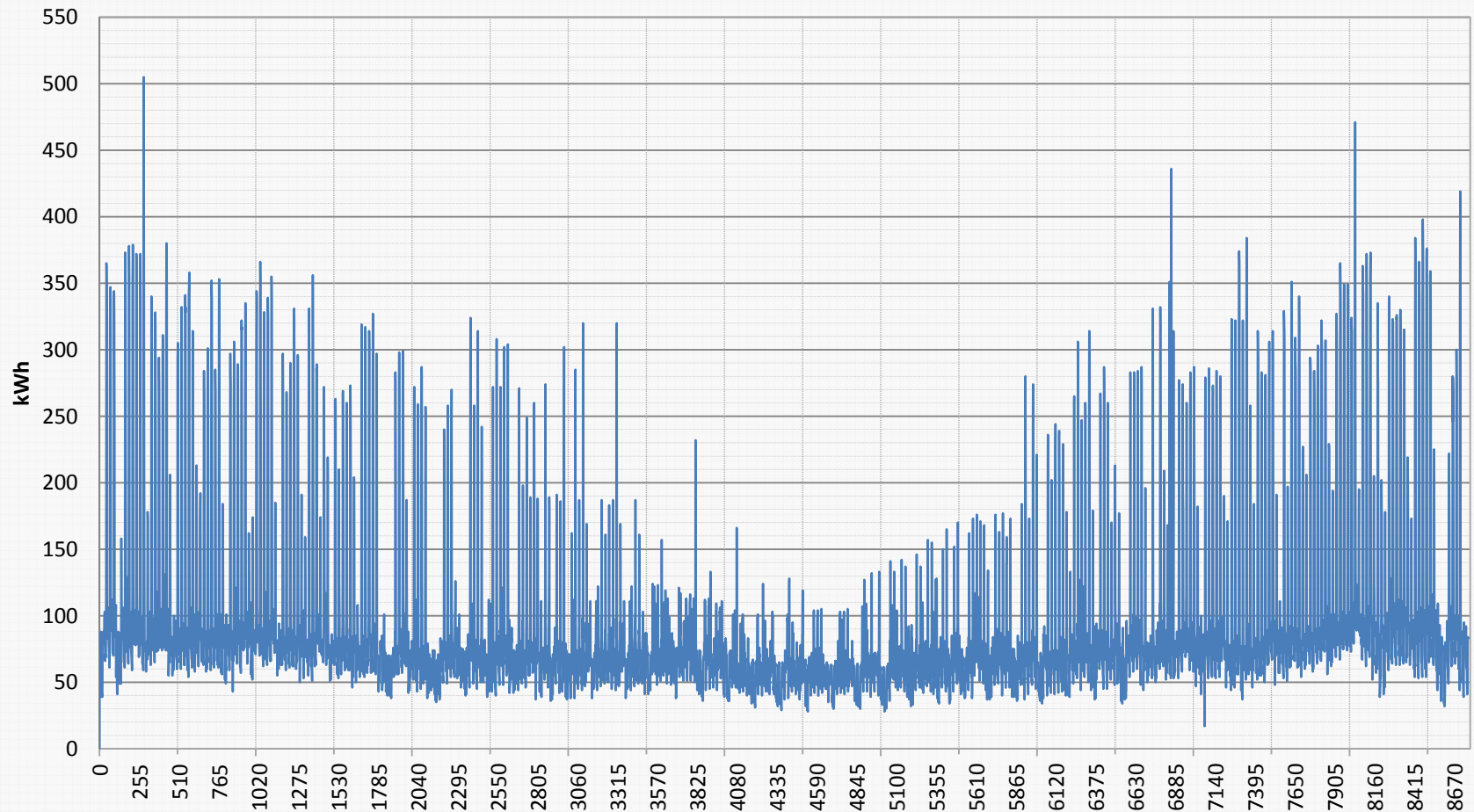
Consumo anual por periodos tarifarios.

Año	Punta %	Llano %	Valle %
2010			
2011	25,55 %	38,37 %	36,07 %
2012	25,96 %	36,45 %	37,59 %
2013	27,33 %	36,87 %	35,80 %
2014			

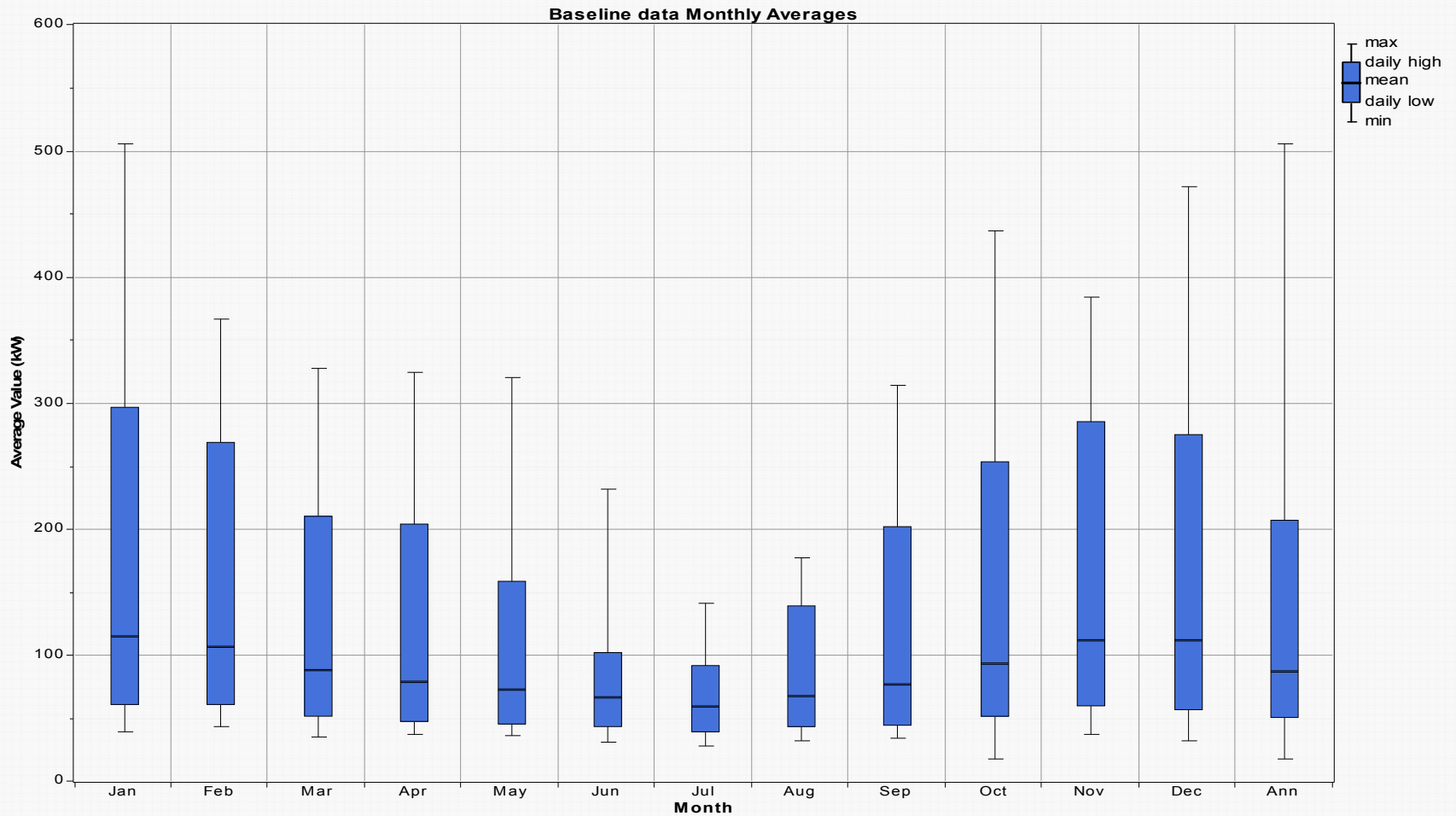
Coste anual, energía más impuestos.

Año	Total Euros Año	Energía %	Impuestos %
2010			
2011	127.859	67,02 %	32,98 %
2012	128.235	69,72 %	30,28 %
2013	136.606	62,63 %	37,37%
2014			

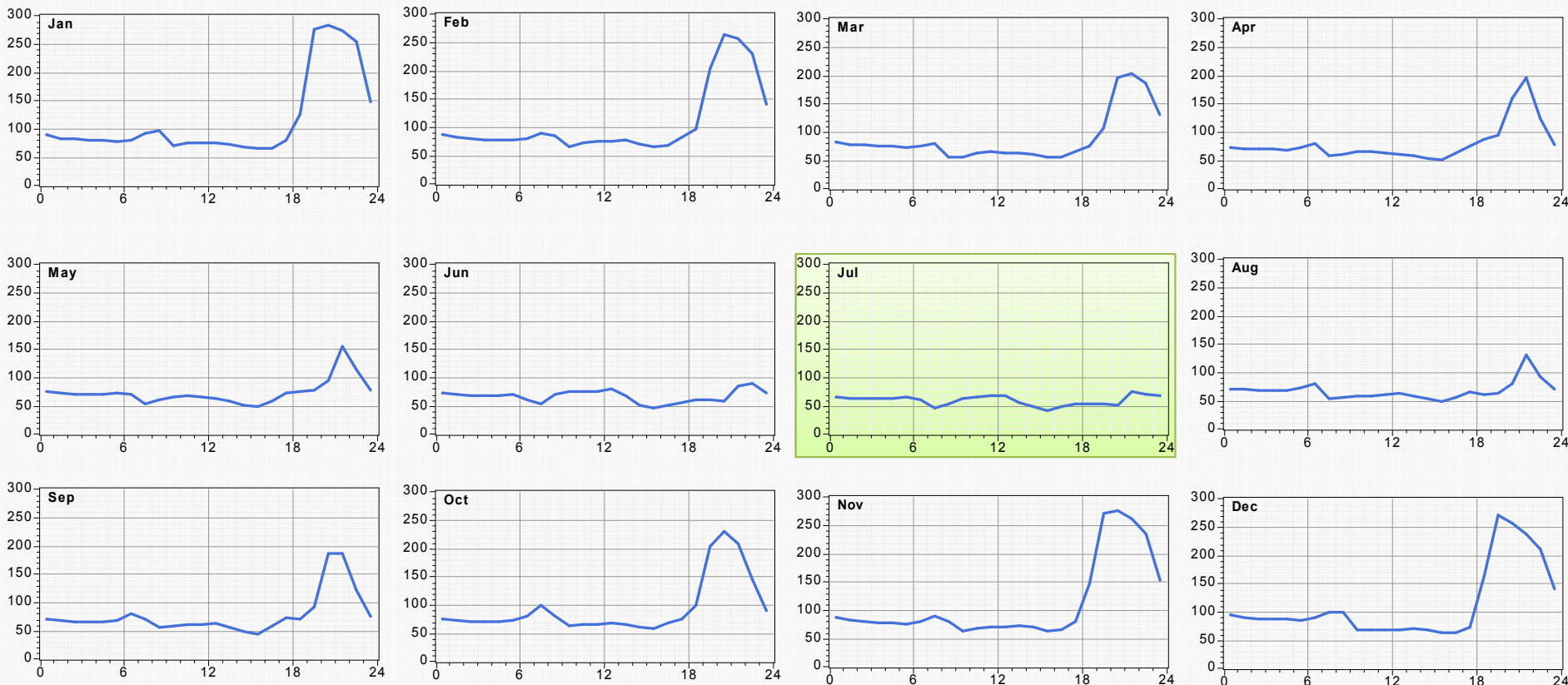
Curva de Carga Horaria Anual



Curva de Carga Anual / Mensual



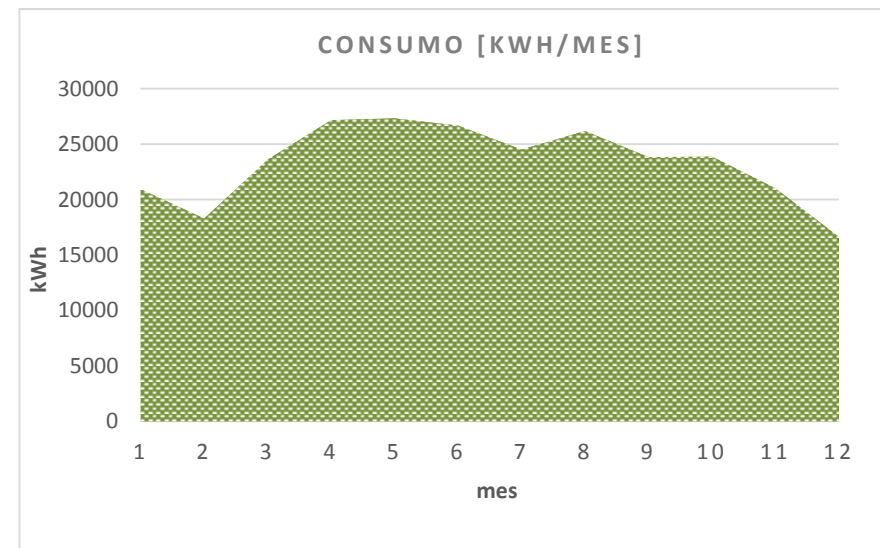
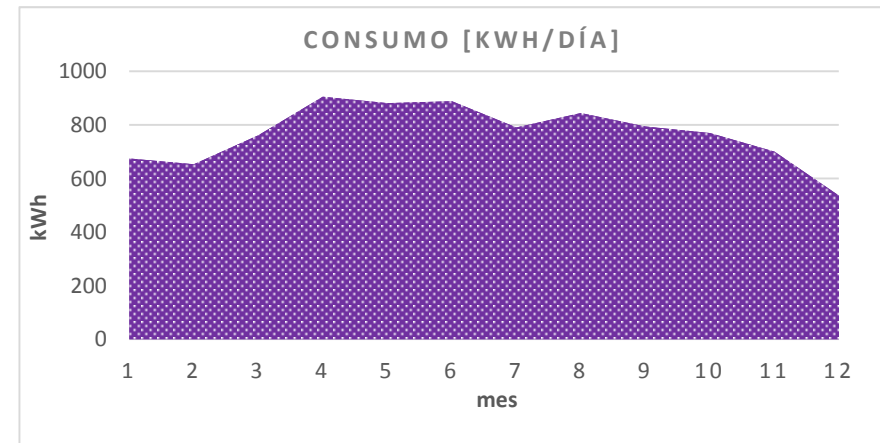
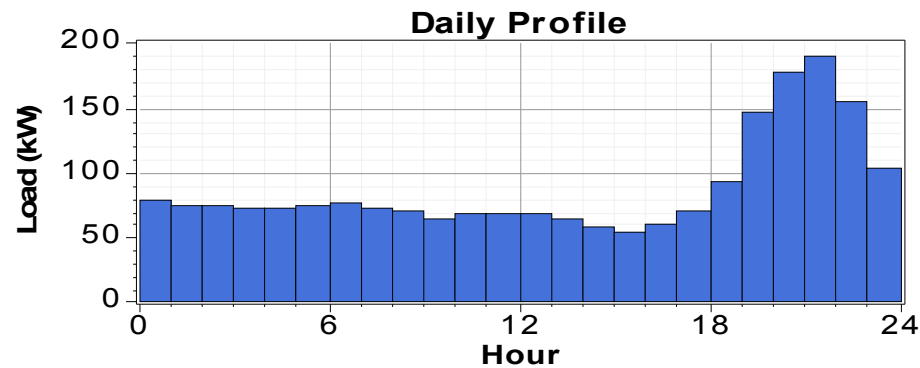
Cargas – Día Típico de Cada Mes



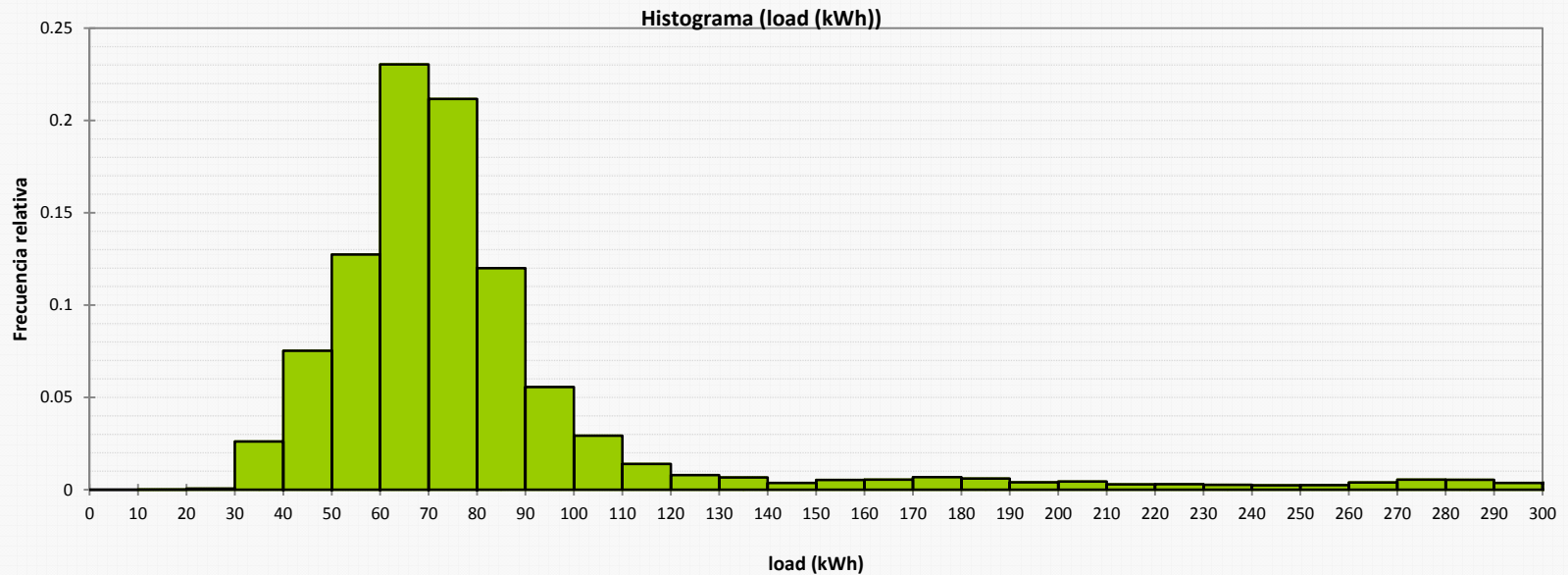
Julio: Mes de máxima radiación y de menor consumo energía

Curva de Carga Media Diaria

Consumo Promedio (kWh/d)	Carga (kW/d)	Valor Pico (kW)	Factor de carga
2.103	87,6	505	0,174



Análisis- Estadística Descriptiva



Límite inferior	Límite superior	Frecuencia	Frecuencia relativa	Densidad
0	10	0	0,000	0,000
10	20	1	0,000	0,000
20	30	5	0,001	0,000
30	40	229	0,026	0,003
40	50	659	0,075	0,008
50	60	1116	0,127	0,013
60	70	2018	0,230	0,023
70	80	1854	0,212	0,021
80	90	1051	0,120	0,012

Análisis- Estadística Descriptiva

Estadística descriptiva de carga anual.

Estadísticas descriptivas:					
Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
load (kWh)	8760	17,0	505,0	87,64	59,70

Tabla de percentiles

Percentil	Valor
Máximo 100%	505,0
99%	342,4
95%	243,0
90%	133,0
3° Cuartil 75%	85,0
Mediana 50%	71,0
1° Cuartil 25%	61,0
10%	49,0
5%	44,0
1%	35,6
Mínimo 0%	17,0

Scattergram (load (kWh))

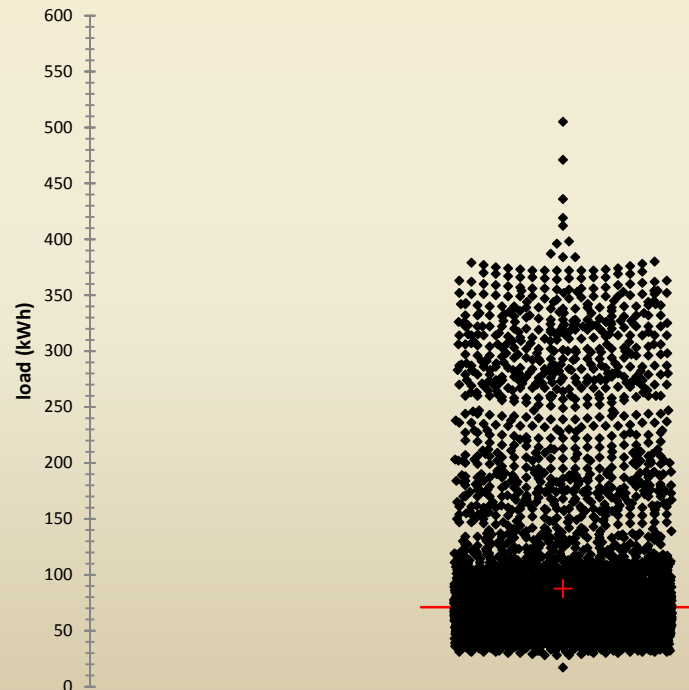


Tabla- Cargas Promedio Horarias

Hora	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sentiem	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
0.00	90.48	86.57	82.42	76.30	76.10	73.83	66.90	71.29	74.10	81.77	84.03	94.00	
1.00	82.84	81.86	77.74	72.10	74.06	72.00	64.39	70.71	69.87	74.61	82.13	88.87	
2.00	81.48	81.04	76.94	70.60	71.61	70.53	63.52	70.06	67.97	73.19	80.87	88.16	
3.00	79.03	77.46	74.68	69.33	69.84	68.73	62.68	68.39	65.63	70.84	78.37	86.29	
4.00	78.90	76.96	74.10	69.07	69.23	68.07	62.58	68.10	65.00	70.32	77.87	85.94	
5.00	77.77	76.50	72.84	68.60	69.19	68.20	62.48	68.39	64.67	69.74	76.10	84.97	
6.00	80.61	79.25	75.03	72.03	72.68	70.67	64.84	72.26	68.07	72.06	79.40	88.90	
7.00	90.81	89.14	79.48	78.90	69.61	60.93	61.35	80.71	79.00	81.65	89.27	98.23	
8.00	97.13	85.11	57.06	57.83	52.29	52.97	46.10	54.16	70.20	95.90	79.53	100.16	
9.00	70.97	66.29	55.90	59.60	60.29	69.23	54.35	56.06	56.30	77.94	63.73	67.39	
10.00	74.06	72.93	62.74	64.30	65.68	73.97	63.90	59.03	58.83	63.29	67.77	67.94	
11.00	75.42	75.75	65.23	65.60	68.77	75.77	66.39	58.68	60.07	64.77	69.00	68.35	
12.00	74.39	75.00	64.19	62.23	65.97	75.67	68.26	60.81	60.63	66.94	69.77	68.39	
13.00	73.55	76.57	64.13	60.60	63.45	78.63	66.77	62.97	62.00	67.52	72.20	70.68	
14.00	68.90	70.54	60.03	57.67	57.65	67.20	56.45	58.65	56.67	66.23	69.47	67.65	
15.00	65.03	64.89	55.52	52.20	50.06	51.37	47.90	53.10	48.60	60.48	63.53	62.48	
16.00	66.52	68.82	55.68	50.53	49.19	45.60	41.16	47.71	44.60	57.71	64.47	63.16	
17.00	79.90	82.29	66.23	61.90	57.35	51.30	47.45	55.03	57.63	67.35	80.90	71.81	
18.00	125.23	96.39	74.84	74.30	72.23	55.80	52.74	64.32	71.63	80.32	147.90	162.55	
19.00	275.90	202.82	106.97	87.67	75.84	59.67	52.68	60.84	70.63	122.06	271.73	270.94	
20.00	284.10	264.25	195.42	93.33	78.16	59.90	53.87	62.65	91.03	205.42	274.90	255.71	
21.00	273.65	257.07	203.68	158.93	94.61	58.70	50.55	79.42	185.73	228.94	261.83	237.94	
22.00	253.87	228.93	187.48	197.07	155.84	84.00	75.87	131.32	185.57	199.94	234.30	210.52	
23.00	146.97	140.54	130.35	122.63	114.06	89.03	71.29	90.84	120.03	133.74	153.47	139.19	
kWh/día	2.767,52	2.576,96	2.118,68	1.903,33	1.753,77	1.601,77	1.424,48	1.625,48	1.854,47	2.252,74	2.692,53	2.700,19	Tot año
Tot mes	85.793,00	72.155,00	65.679,00	57.100,00	54.367,00	48.053,00	44.159,00	50.390,00	55.634,0	69.835,00	80.776,00	83.706,00	767.647

GTM+1

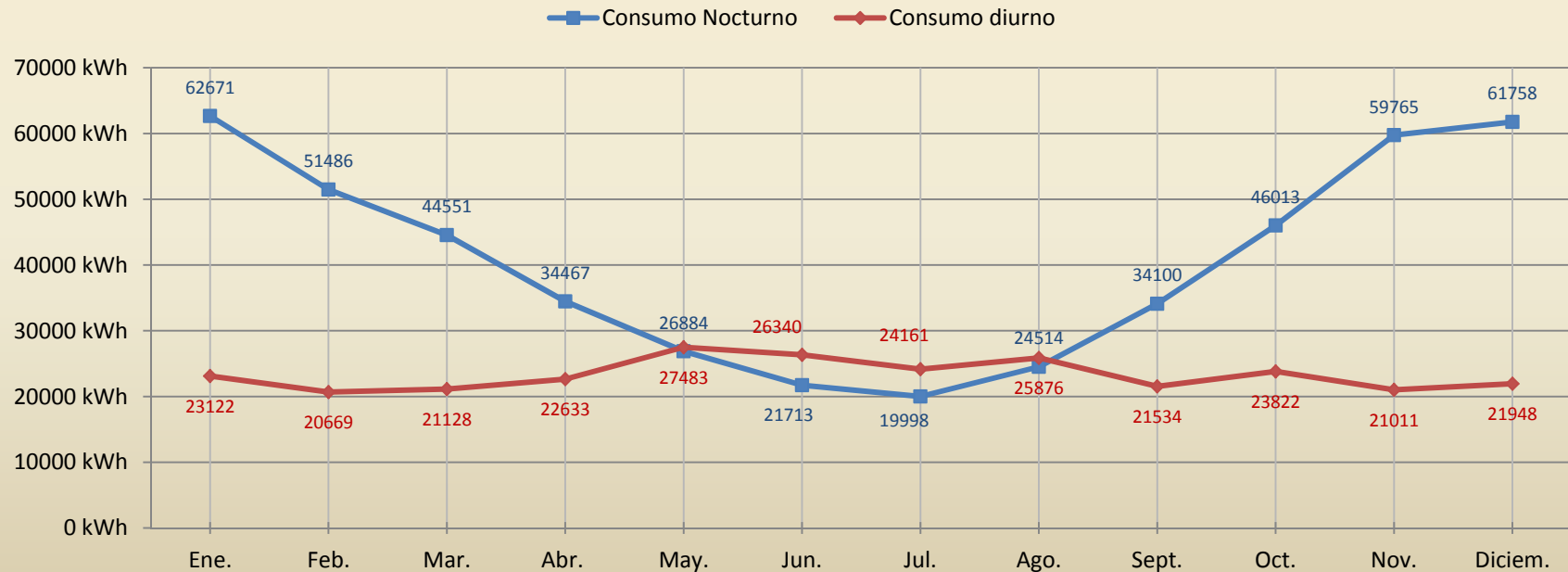
GTM+2

GTM+1

Color naranja: Consumos en el intervalo de producción de la instalación FV.

Consumo Diurno/Nocturno

Load kWh	Consumo horario (kWh)												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembr	Octubre	Noviembr	Diciembre	Total
Total	85793	72155	65679	57100	54367	48053	44159	50390	55634	69835	80776	83706	767647
	GTM+1			GTM+2							GTM+1		
Total N	62671	51486	44551	34467	26884	21713	19998	24514	34100	46013	59765	61758	487920
Total D	23122	20669	21128	22633	27483	26340	24161	25876	21534	23822	21011	21948	279727
% N	73.05	71.35	67.83	60.36	49.45	45.19	45.29	48.65	61.29	65.89	73.99	73.78	63.56
% D	26.95	28.65	32.17	39.64	50.55	54.81	54.71	51.35	38.71	34.11	26.01	26.22	36.44
Control	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



Cubierta para el GFV



Suministro eléctrico

Empresa suministradora	IBERDROLA
Red	MT /20kV
Transformador	630 KVA
Potencia contratada	400 kW
Consumo anual promedio	767.647 kWh
Tipo de tarifa	3.1A

Lugar de instalación

Localidad	Gandia
Dirección	Avda. Dels Esports,2
Limitaciones	Autoconsumo instantáneo
Latitud (grados)	38.97°
Longitud (grados)	-0.18°
Altitud	20 metros
Temperatura mínima	-1,6 °C
Temperatura máxima	35,3 °C (4%)
Temperatura media verano	27,3 °C
Irradiación global en plano horizontal	1628.3 kWh/m ²
Datos de radiación	METEONORM 6.1
Albedo	20%
Sombreado	Sin sombras

Geometría curva, no transitable.
Cubierta tipo Deck.
Superficie disponible: 2.045 m² (45,70x44,80)
Sobrecarga de uso: 100 kg/m².
Ausencia de sombras.

Cálculo de la Potencia del GFV

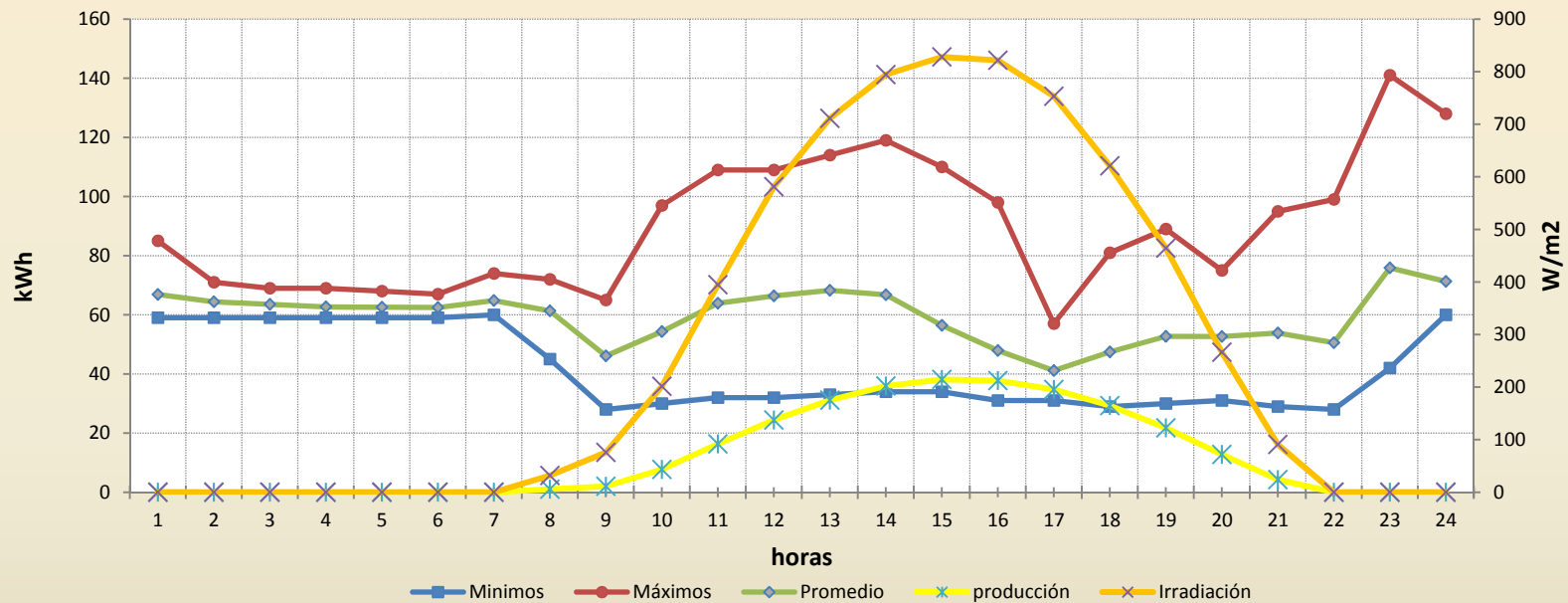
Load kWh	13 horas	14 horas	15 horas	16 horas	Mínimo	P. Mes
1	38.0	40.0	37.0	36.0	36.0	29.0
2	48.0	53.0	46.0	37.0	37.0	37.0
3	97.0	99.0	69.0	38.0	38.0	38.0
4	54.0	54.0	46.0	43.0	43.0	43.0
5	56.0	56.0	50.0	42.0	42.0	41.0
6	48.0	49.0	44.0	37.0	37.0	37.0
7	119.0	110.0	77.0	57.0	57.0	49.0
8	57.0	59.0	56.0	45.0	45.0	28.0
9	53.0	61.0	48.0	40.0	40.0	40.0
10	86.0	54.0	46.0	42.0	42.0	42.0
11	101.0	57.0	49.0	40.0	40.0	40.0
12	105.0	67.0	48.0	42.0	42.0	42.0
13	53.0	54.0	48.0	45.0	45.0	45.0
14	53.0	49.0	48.0	51.0	48.0	35.0
15	34.0	34.0	31.0	32.0	31.0	30.0
16	53.0	55.0	47.0	41.0	41.0	41.0
17	97.0	53.0	46.0	42.0	42.0	42.0
18	103.0	55.0	45.0	41.0	41.0	41.0
19	94.0	57.0	43.0	46.0	43.0	43.0
20	65.0	60.0	49.0	47.0	47.0	47.0
21	41.0	45.0	43.0	36.0	36.0	33.0
22	39.0	40.0	33.0	32.0	32.0	30.0
23	94.0	55.0	48.0	43.0	43.0	43.0
24	88.0	54.0	49.0	43.0	43.0	43.0
25	50.0	50.0	44.0	39.0	39.0	39.0
26	52.0	48.0	45.0	43.0	43.0	43.0
27	56.0	52.0	43.0	40.0	40.0	40.0
28	38.0	35.0	35.0	36.0	35.0	33.0
29	42.0	40.0	32.0	31.0	31.0	28.0
30	48.0	47.0	42.0	36.0	36.0	36.0
31	108.0	108.0	98.0	53.0	53.0	52.0
Total	2070	1750	1485	1276		1210
Maximo	119.0	110.0	98.0	57.0	57.0	52.0
Minimo	34.0	34.0	31.0	31.0	31.0	28.0
Promedio	66.8	56.5	47.9	41.2	40.9	39.0

En el día 22 de julio coincide : mínimo consumo / máxima radiación del año. Los valores mínimos se dan entre las 15 a 16 horas y de 16 a 17 horas.

El valor de irradiación promedio para el intervalo entre las 16 a 17 horas es de 953,8 W/m², ligeramente inferior al del periodo entre las 14:00 y 15:00 horas que es de 1034 W/m², muy parecido 1037 W/m² entre las 13:00 a 14:00 horas.

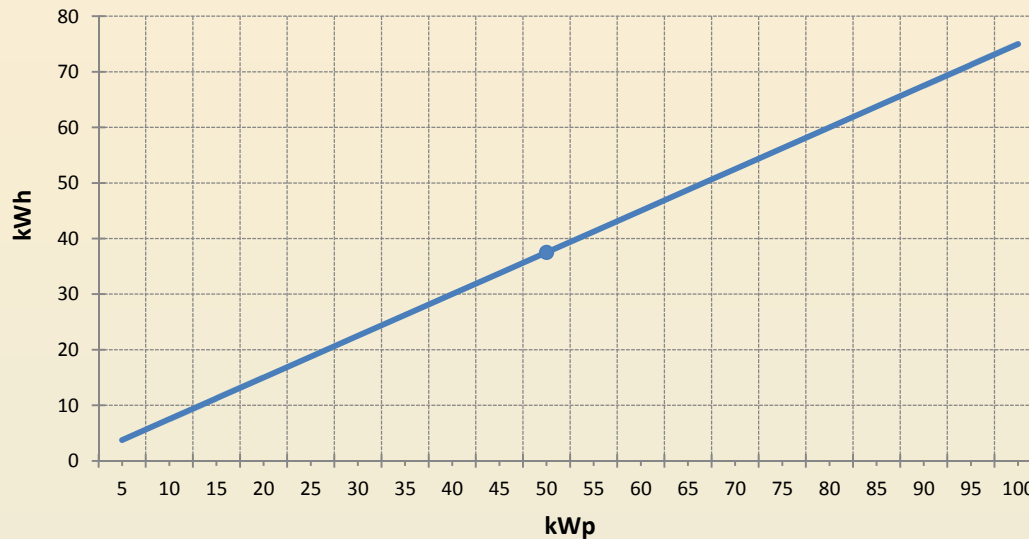
Cálculo de la Potencia del GFV

$$E_{ph} = P_{mpSTC} \cdot \frac{G_{dm}(\alpha, \beta)}{G_{STC}} \cdot PR \cdot (1 - Fs) kWh / dia$$



Análisis gráfico detallado producción/consumos día 22 del mes de julio

Cálculo de la Potencia del GFV



Valores de producción en función de la potencia de la instalación fotovoltaica para un nivel de irradiación estándar de 1000 W/m².

Valores de producción versus potencia de la instalación FV.

Teniendo en cuenta los factores de pérdida y tras considerar el resultado de simulaciones previas, se opta por la instalación con una potencia de 50 kWp, ajustada a 50,43 kWp por configuración.

Configuración del Generador FV

Parámetros principales del sistema		Tipo de sistema	Autoconsumo conectado a la red	
Orientación Campos FV	Inclinación	30°	Acimut	27°
Módulos FV	Modelo	ATERSA A-280P	Pnom	280 Wp
Generador FV	Nº de módulos	180	Pnom total	50.4 kWp
Inversor	Modelo	Sinvert PVM17 (6DC)	Pnom	16.50 kW AC
Banco de inversores	Nº de unidades	3.0	Pnom total	49.5 kW AC
Necesidades de los usuarios	Global	768 MWh/año		

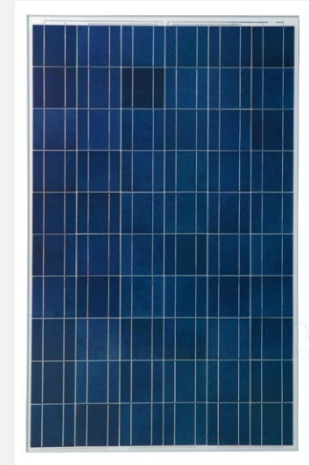
Características del generador FV:

Módulo FV	Si-Poly	Tipo:	A-280P_ULTRA
	Fabricante:	ATERSA	
Potencia nominal:	280 W	Eficiencia (STC):	14,3 %
Instalación:	con ventilación trasera	Sombra:	No
Número de módulos FV	180	Pnom unitaria	280 Wp
En serie	20 módulos	En paralelo	9 cadenas
Potencia global generador Nominal (STC)	50.4 kWp	En cond. funciona	45.0 kWp (50°C)
Caract. funcionamiento del generador (50°C)			
V mpp	699,4 V	I mpp	19,8 A
Superficie de referencia	350,2 m²	Superficie bruta:	353,5 m²

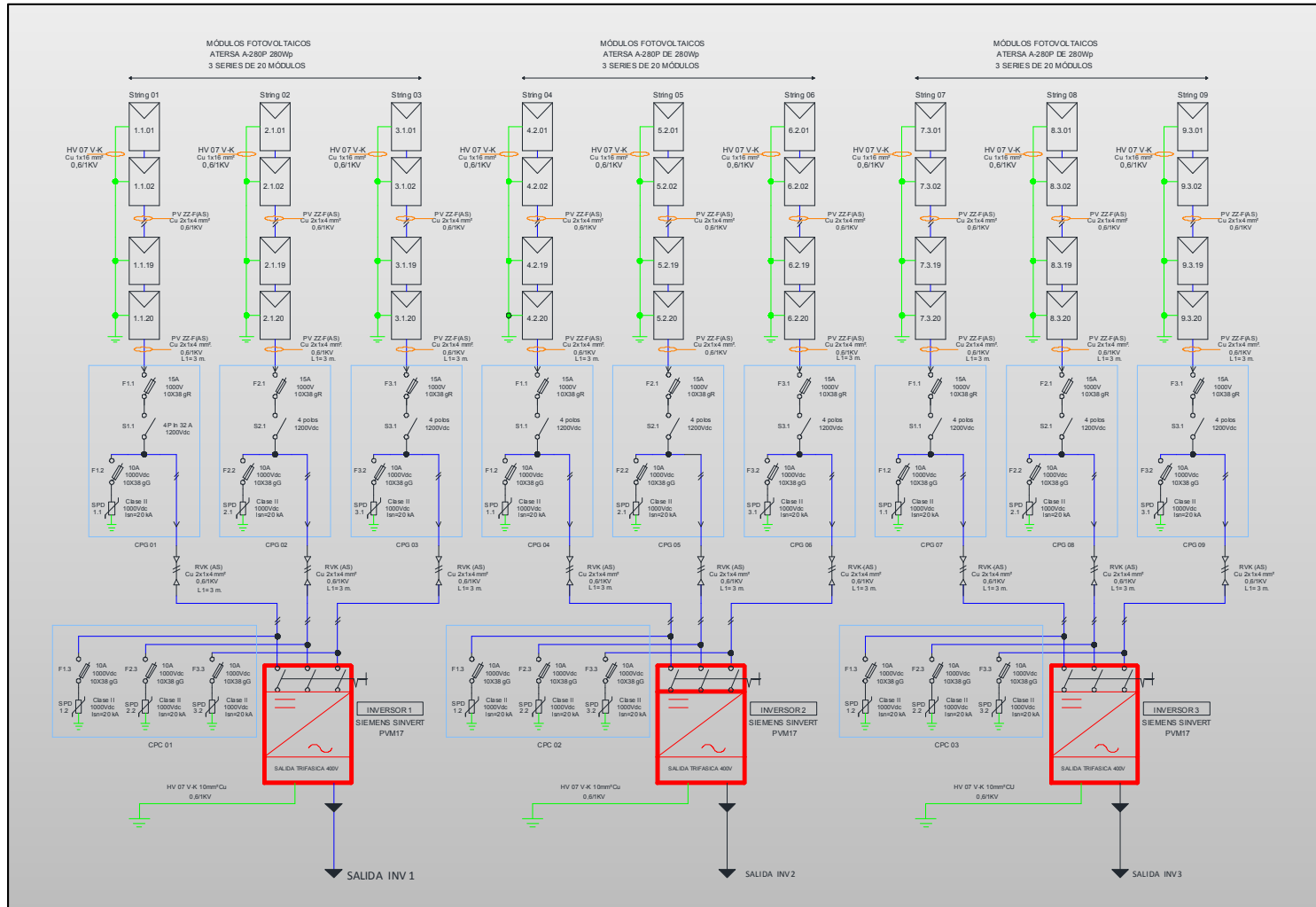
Inversor

	Tipo:	SINVERT PVM17	
	Fabricante:	Siemens	
Características			
Tensión Funciona.	460-850 V	Pnom unitaria	16.5 kW AC
Rendimiento europeo:	97,8 %	Nº de seguidores de MPP:	1
Banco de inversores			
Nº de inversores	3 unidades	Potencia total	49.5 kW AC

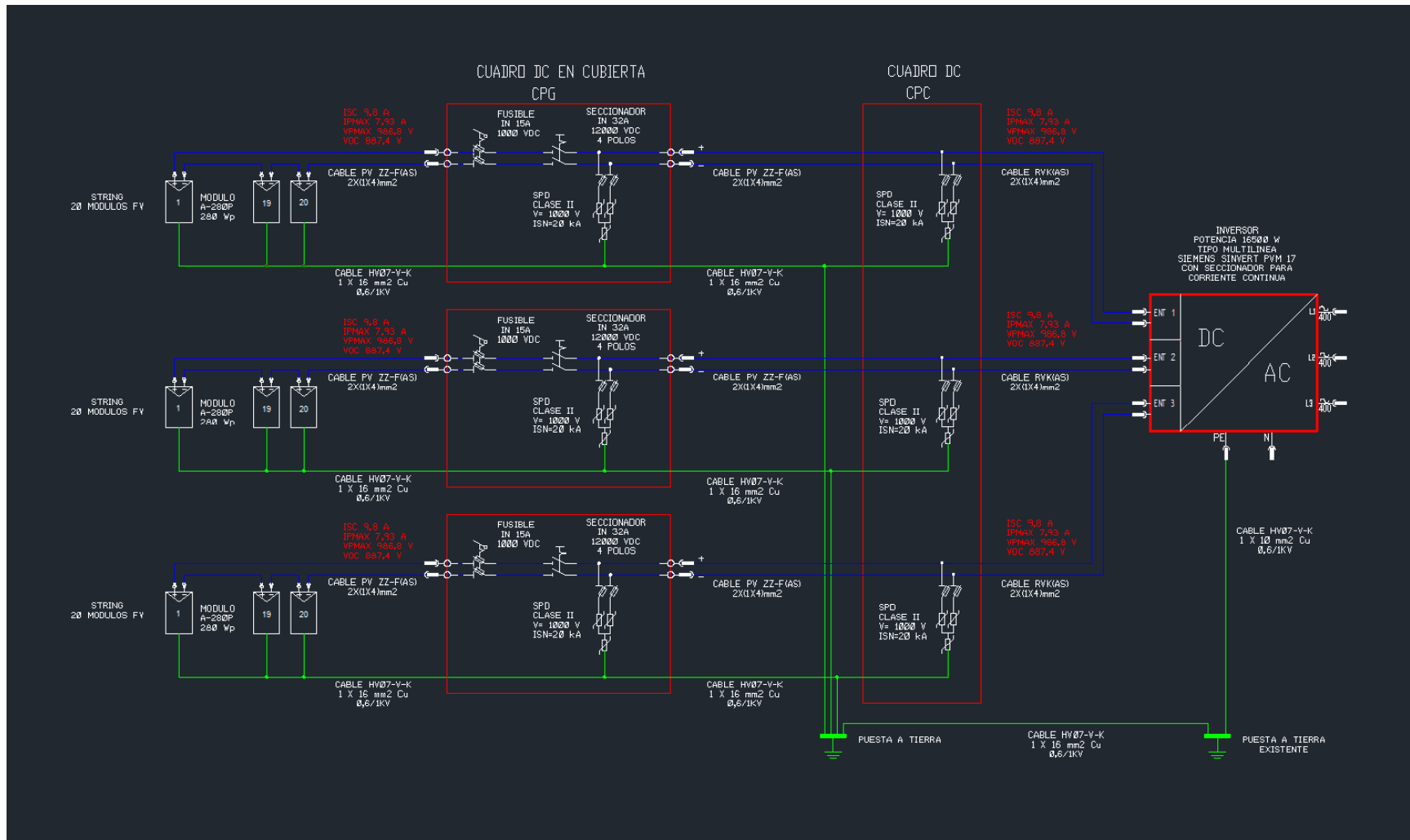
Subge-Generador FV	Nº de módulos	60	Pnom total	16.8 kWp
Inversor	Modelo	Sinvert PVM17 (6DC)	Pnom	16.50 kW AC
Banco de inversores	Nº de unidades	1.0	Pnom total	16.5 kW AC
Cadenas	Nº de unidades	3.0		
Cadenas	Nº de módulos	20	Pnom total	5,6 kWp
Inversor	Modelo	Sinvert PVM17 (6DC)	Pnom	16.50 kW AC
Banco de inversores	Nº de unidades	1.0	Pnom total	16.5 kW AC



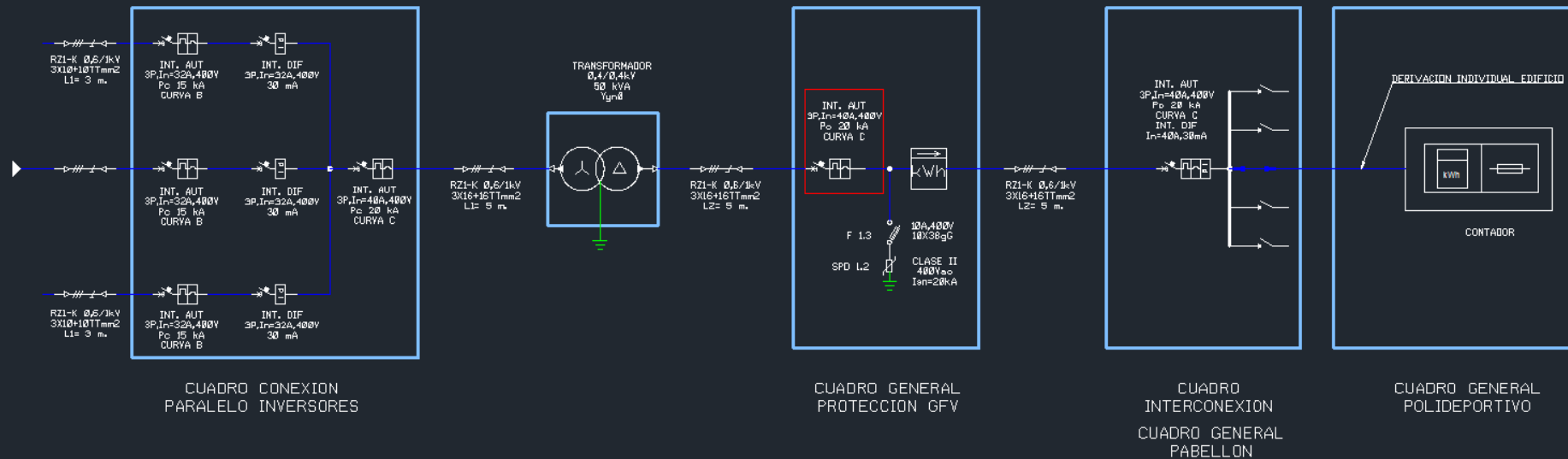
Esquema Unifilar DC Generador FV



Esquema Multifilar DC Subgenerador



Esquema Unifilar AC



Características Eléctricas del Generador FV

Características del generador fotovoltaico

Potencia pico	50,4 kWp
Numero módulos fotovoltaicos	180
Superficie captante	351 m ²
Numero de cadenas	9
Inclinación , Azimut	30°, 27°
Tensión máxima @STC (Voc)	887,4 V
Tensión a la máxima potencia @STC (Vm)	706,6 V
Corriente de corto circuito @STC (Isc)	25,35 A
Corriente a la máxima potencia @STC (Im)	23,79 A

Características eléctricas del subgenerador fotovoltaico

Potencia pico	16,8 kWp
Numero módulos fotovoltaicos	60
Superficie captante	117 m ²
Numero de cadenas	<u>3</u>
Inclinación , Azimut	30°, 27°
Tensión máxima @STC (Voc)	887,4 V
Tensión a la máxima potencia @STC (Vm)	706,6 V
Corriente de corto circuito @STC (Isc)	25,35 A
Corriente a la máxima potencia @STC (Im)	23,79 A

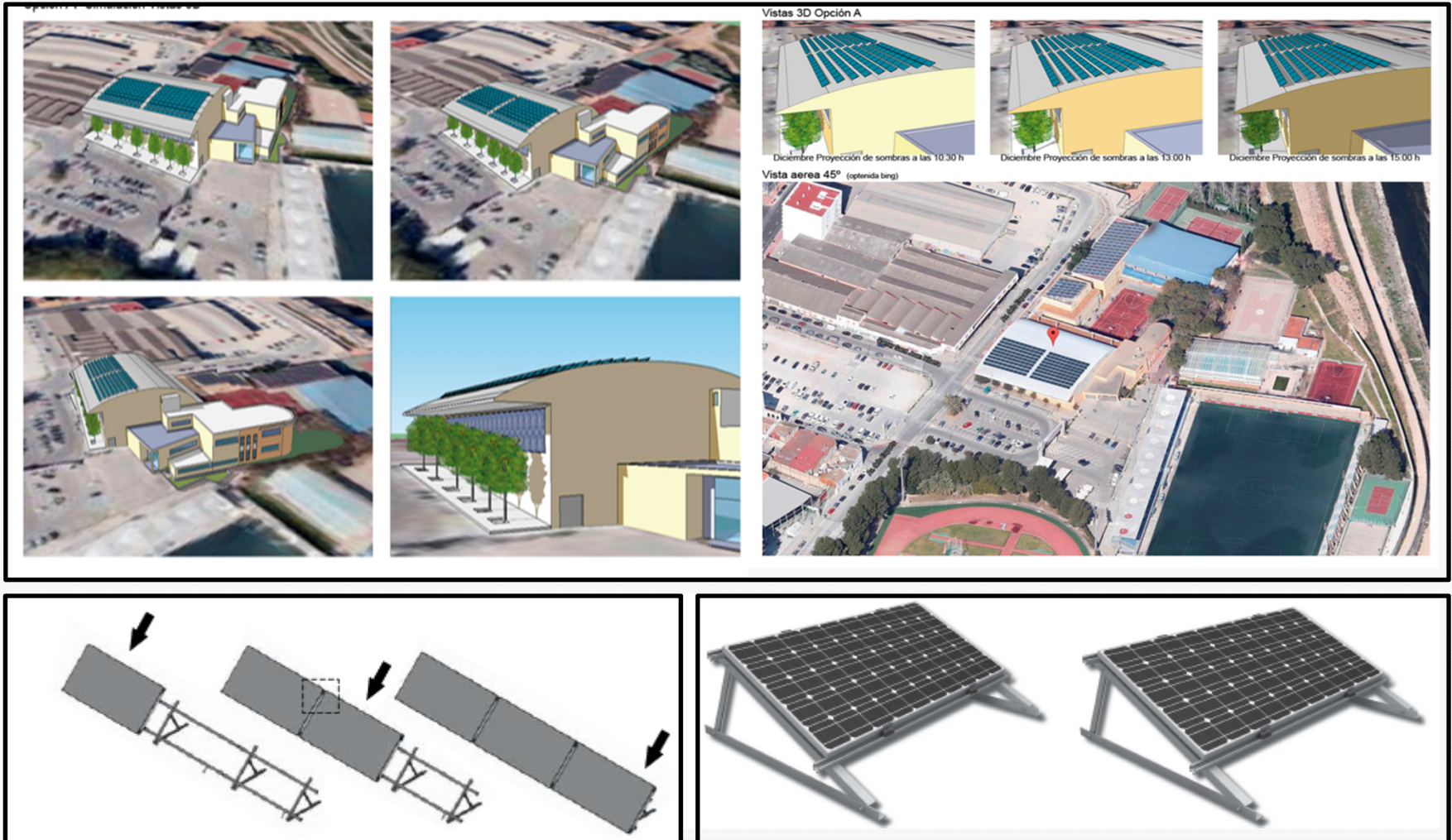
Características eléctricas de cada cadena

Numero módulos fotovoltaicos en serie	20
Potenza nominal	5,6 kW
Tensión a circuito abierto (Voc)	887,4 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8,45 A
Corriente a la máxima potencia (Im)	7,93 A

Inversor 1,2,3

Límite de tensión	Tensión mínima a la temperatura del módulo de 70°C (578,81 V) > Tensión mínima de Mppt (460 V)
Límite de tensión	Tensión máxima a la temperatura del módulo de -10°C (805,99 V) < Tensión máxima de Mppt (850 V)
Límite de tensión	Tensión de circuito abierto a la temperatura del módulo de -10°C (986,79 V) < Tensión máxima del inversor (1000 V)
Límite de Intensidad	Intensidad de cortocircuito (25,35 A) < Máxima intensidad del inversor (37 A)
Límite de potencia	Dimensionamiento de potencia (80 %) < (100%) < (120 %)

Simulación Gráfica del Generador FV



Simulación Gráfica del Generador FV

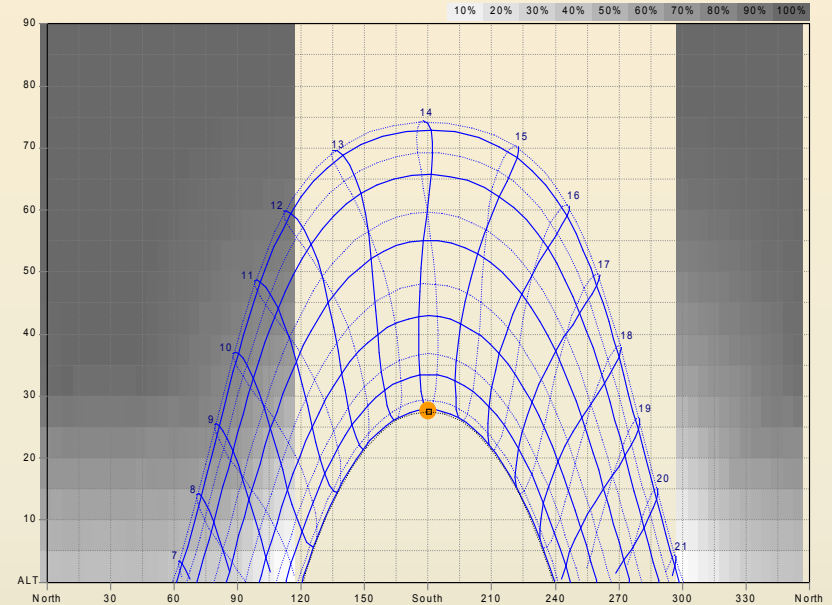


Orthographic Projection

Location: 39.0°, -0.2°
Sun Position: -179.7°, 27.5°

BRE VSC: 9.3%
Overcast Sky: 6.4%
Uniform Sky: 9.4%

Date/Time: 14:00, 21st Dec
Percentage Shading: [Behind]
HSA: 153.3°, VSA: 149.8°

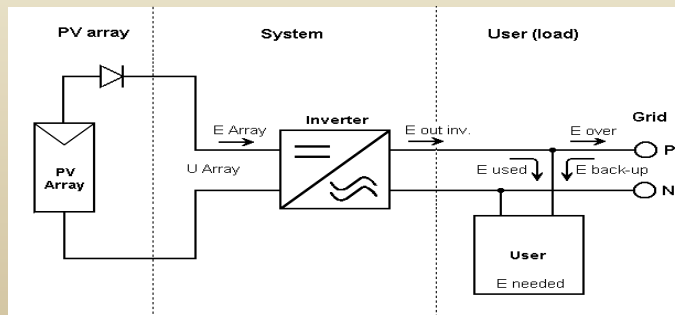


Energía Neta Producida

Producción energética media en kWh/ mes

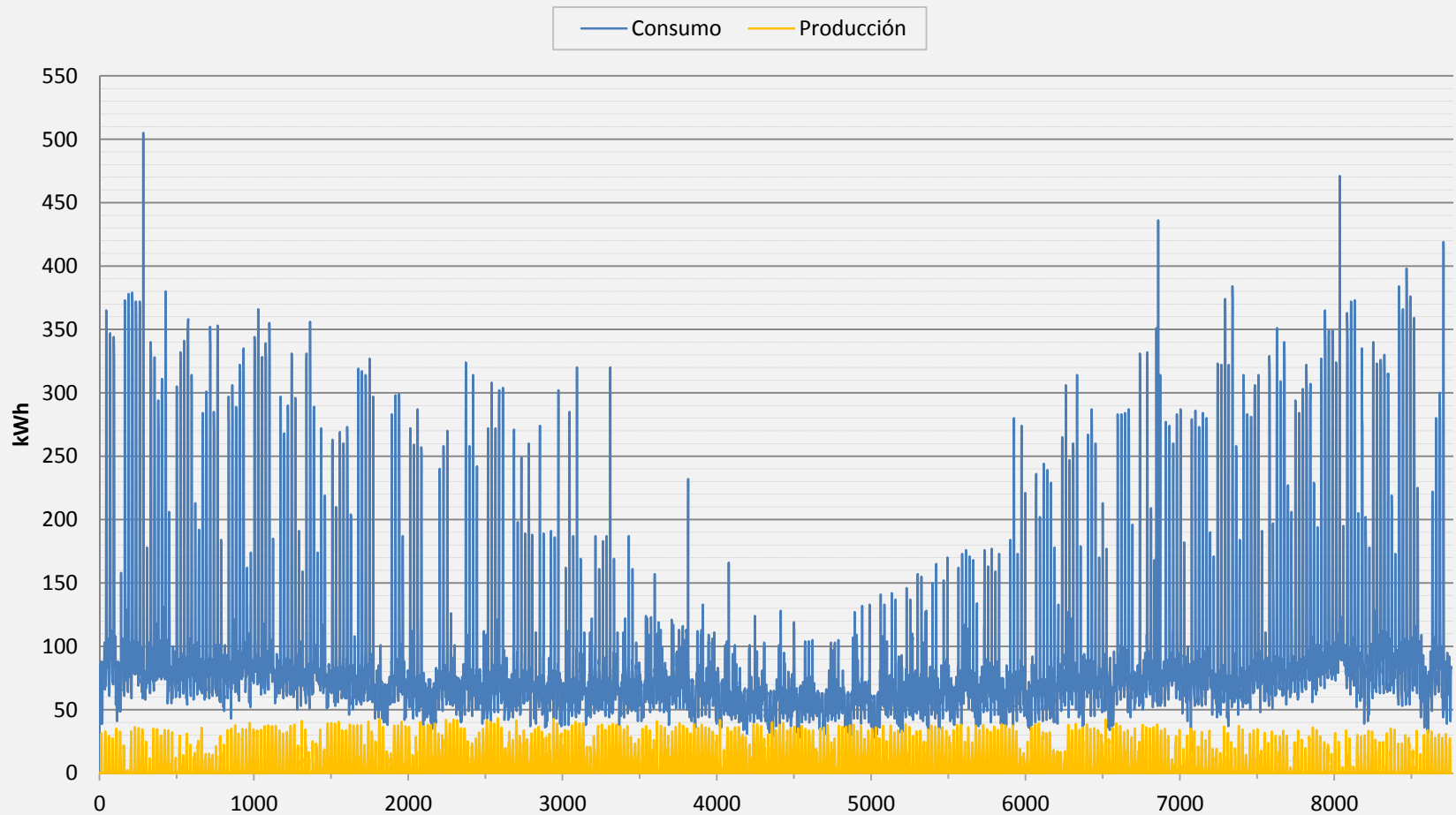
Gandia	Latitud: 38,97°	Longitud: -0,18°
Generador PSTC=50,4 kWp	Orientación Suroeste ($\alpha = 27$)	Inclinación 30° ($\beta = 30^\circ$)

	GlobHor kWh/m ² .mes	GlobInc kWh/m ² .mes	GlobEff kWh/m ² .mes	E_Array kWh/mth	E Load kWh/mth	E User kWh/mth	E_Grid kWh/mth	PR
Enero	67,79	104,5	98,3	4580	85793	4442	0	0,84
Febrero	89,39	121,1	114,1	5270	72155	5118	0	0,84
Marzo	134,8	163,6	154,2	7007	65677	6803	0	0,83
Abril	165,9	177,3	167	7516	57112	7301	0	0,82
Mayo	190,2	185,4	174,3	7771	54372	7544	0,97	0,81
Junio	206,4	194,7	183,1	7957	48032	7729	0	0,79
Julio	212,9	205,7	193,7	8331	44162	8071	20,5	0,78
Agosto	183,2	189,8	178,8	7668	50390	7447	0,23	0,78
Septiembre	138,3	156,4	147,4	6428	55640	6243	0	0,79
Octubre	109,0	140,6	132,5	5895	69831	5709	17,1	0,81
Noviembre	70,81	103,7	97,56	4478	80844	4346	0	0,83
Diciembre	59,62	93,06	87,51	4081	83706	3955	0	0,84
Año total	1628	1836	1728	76982	767714	74708	21,63	0,81



$$E_{ph} = P_{mpSTC} \frac{G_{dh}(\alpha, \beta)}{G_{STC}} \cdot PR \cdot (1 - F_s)) \text{ kWh/hora}$$

Consumo / Producción



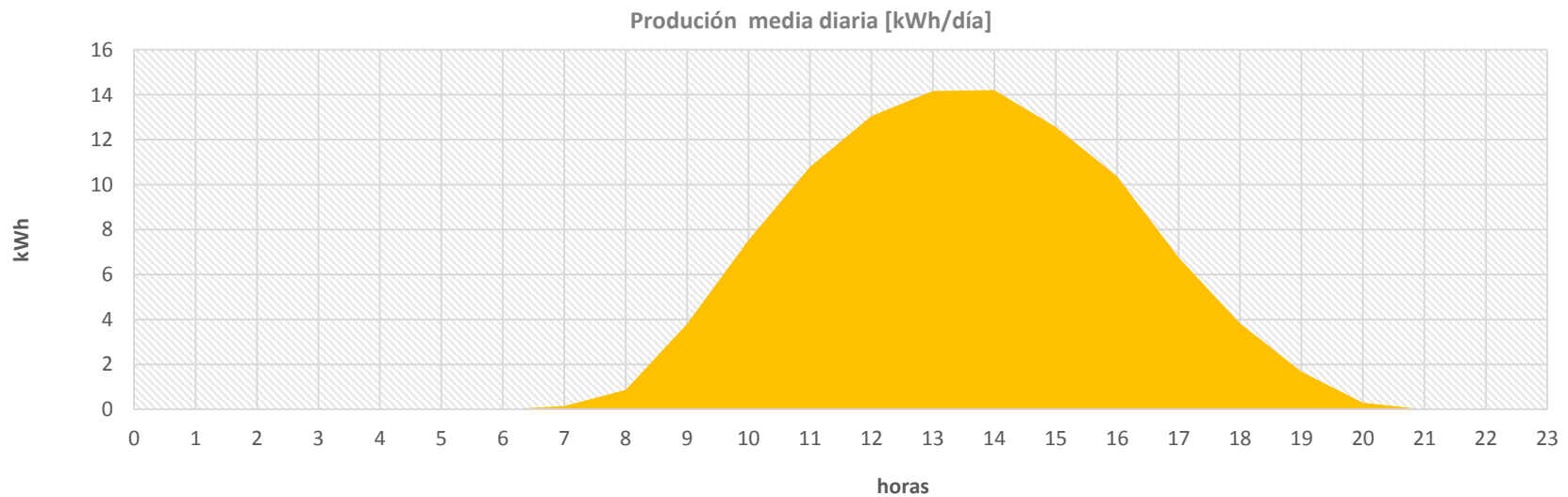
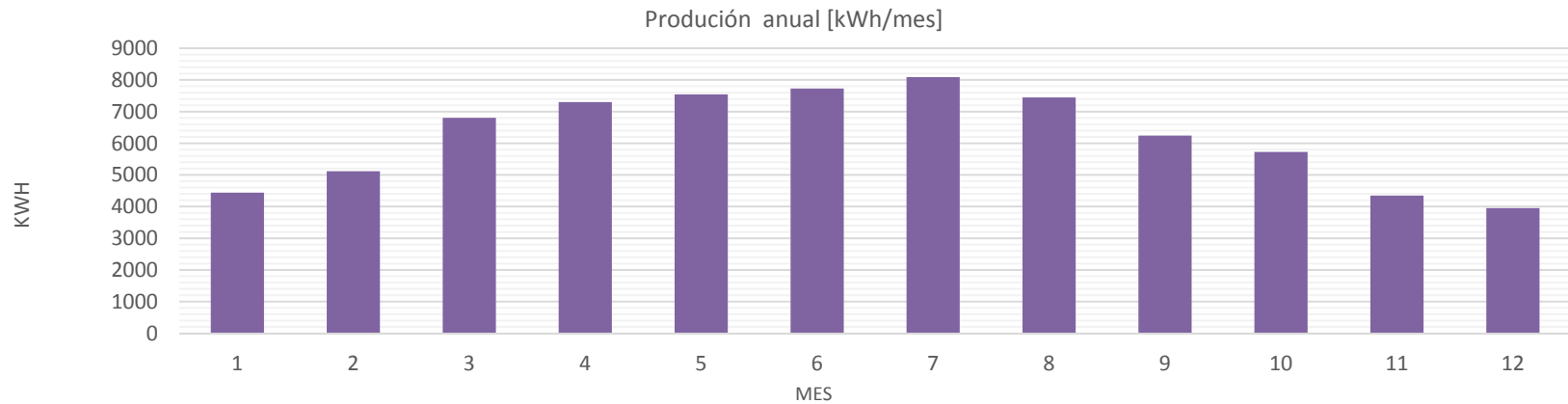
Producción Horaria 1º Año

Producción FV horaria (50,4 kWp) (kWh) Primer Año													
kWh	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	15.5	5.8	33.95	42.23	28.73	7.71	0.0	0.0	0.0	0.0	134.0
8	9.4	29.6	107.7	64.8	94.3	95.4	87.3	65.1	35.3	23.5	60.0	12.7	685.3
9	189.3	241.1	364.5	206.8	266.3	258.3	232.6	206.4	168.3	160.6	254.2	180.7	2729.0
10	384.6	465.5	591.5	475.2	514.6	505.9	492.5	449.3	411.6	379.3	424.0	352.3	5446.3
11	550.0	633.2	779.6	711.1	729.3	703.8	728.7	672.8	635.9	567.8	540.8	557.1	7810.2
12	700.7	777.6	894.0	843.5	842.0	842.0	880.2	799.1	785.5	686.2	700.7	654.2	9405.7
13	726.8	794.4	943.7	895.2	953.0	926.9	968.5	914.8	845.3	817.6	721.0	736.9	10244.1
14	719.4	791.3	970.0	909.3	931.9	967.9	999.1	969.9	879.0	870.6	677.1	669.6	10355.1
15	579.5	630.6	840.7	861.3	889.9	919.8	992.4	963.0	790.0	807.4	567.9	495.8	9338.4
16	431.9	486.7	687.5	814.9	829.6	835.0	916.6	888.3	675.7	706.1	358.6	290.6	7921.6
17	150.6	261.1	453.8	747.5	685.9	707.1	765.8	714.7	554.4	480.4	41.6	5.4	5568.3
18	0.0	6.5	154.7	510.1	472.4	523.0	578.3	506.6	351.4	225	0.0	0.0	3327.9
19	0.0	0.0	0.0	250.3	253.1	315.4	325.1	252.6	110.5	1.3	0.0	0.0	1508.4
20	0.0	0.0	0.0	4.8	49.2	86.7	95.1	36.6	0.0	0.0	0.0	0.0	272.4
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	4442.3	5117.6	6803.1	7300.7	7545.4	7729.3	8091.1	7447.1	6243.0	5725.7	4345.9	3955.4	74746.6
Producción mensual													
kWh	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total 2014
Punta	97.71	187.45	534.75	3,553.06	3,328.51	3,316.71	3,865.23	3,188.01	3,236.92	2,584.50	25.98	3.88	23,922.72
Llano	2,972.84	3,430.52	4,036.39	2,133.96	2,086.45	2,200.83	2,481.20	2,056.98	1,493.86	1,632.19	2,881.89	2,854.29	30,261.40
Valle	1,371.74	1,499.65	2,231.99	1,613.67	2,129.48	2,211.78	1,724.16	2,201.86	1,512.26	1,491.91	1,438.02	1,097.25	20,523.77
Total	4,442.3	5,117.6	6,803.1	7,300.7	7,545.4	7,729.3	8,091.1	7,447.1	6,243.0	5,725.7	4,345.9	3,955.4	74,746.62

Producción mensual 1º Año

Producción mensual. Primer año													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	anual
[kWh/mes]	4442.29	5117.62	6803.13	7300.70	7545.40	7729.33	8091.06	7447.09	6243.04	5725.67	4345.88	3955.41	74746.62
Distribución estadística kWh día producido en un día típico en un mes específico del año - Sistema fijo													
%	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
7	0.0	0.0	0.23	0.08	0.45	0.55	0.36	0.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.15
8	0.21	0.58	1.58	0.89	1.25	1.23	1.08	0.87	0.57	0.41	1.38	0.32	0.86
9	4.26	4.71	5.36	2.83	3.53	3.34	2.87	2.77	2.70	2.80	5.85	4.57	3.80
10	8.66	9.10	8.69	6.51	6.82	6.55	6.09	6.03	6.59	6.62	9.76	8.91	7.53
11	12.38	12.37	11.46	9.74	9.67	9.11	9.01	9.03	10.19	9.92	12.44	14.09	10.78
12	15.77	15.19	13.14	11.55	11.16	10.89	10.88	10.73	12.58	11.98	16.12	16.54	13.05
13	16.36	15.52	13.87	12.26	12.63	11.99	11.97	12.28	13.54	14.28	16.59	18.63	14.16
14	16.19	15.46	14.26	12.45	12.35	12.52	12.35	13.02	14.08	15.20	15.58	16.93	14.20
15	13.04	12.32	12.36	11.80	11.79	11.90	12.27	12.93	12.65	14.10	13.07	12.53	12.56
16	9.72	9.51	10.11	11.16	10.99	10.80	11.33	11.93	10.82	12.33	8.25	7.35	10.36
17	3.39	5.10	6.67	10.24	9.09	9.15	9.46	9.60	8.88	8.39	0.96	0.14	6.76
18	0.0	0.13	2.27	6.99	6.26	6.77	7.15	6.80	5.63	3.93	0.0	0.0	3.83
19	0.0	0.0	0.0	3.43	3.35	4.08	4.02	3.39	1.77	0.02	0.0	0.0	1.67
20	0.0	0.0	0.0	0.07	0.65	1.12	1.18	0.49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.29
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
GTM+1			GTM+2			GTM+1			GTM+1				
kWh/día	143.30	182.77	219.46	243.36	243.40	257.64	261.00	240.23	208.10	184.70	144.86	127.59	Tot año
Total mes	4,442.29	5,117.62	6,803.13	7,300.70	7,545.40	7,729.33	8,091.06	7,447.09	6,243.04	5,725.67	4,345.88	3,955.41	74746.62

Producción Anual

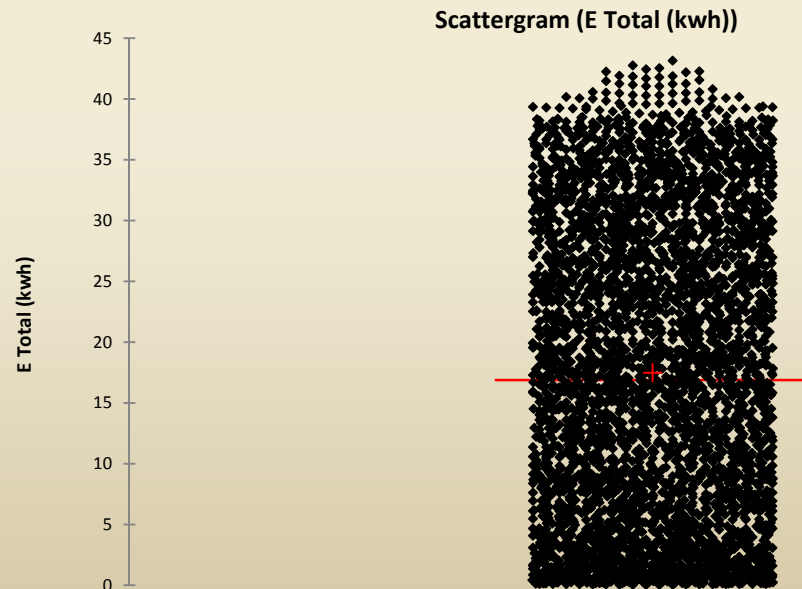
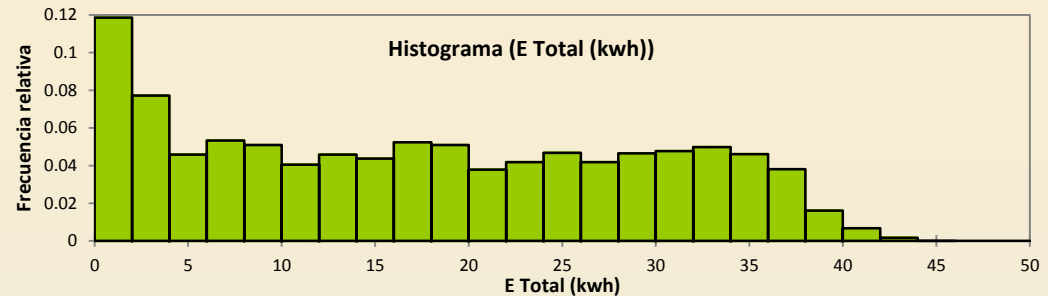


Estadística Descriptiva Producción FV

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
E Total (kWh)	4278	0.028	43.155	17.472	12.041

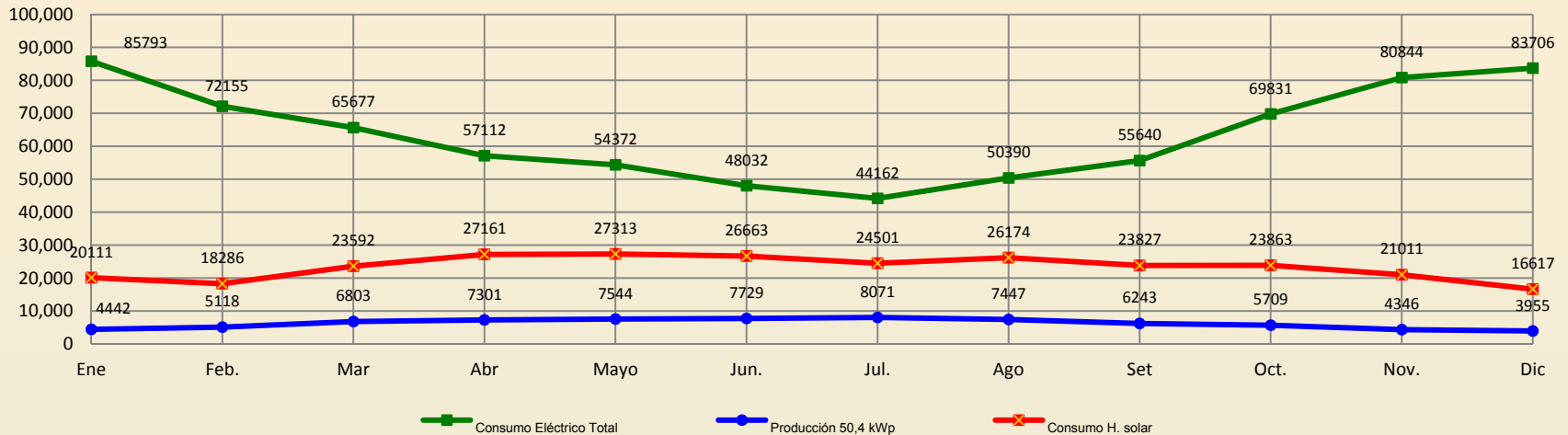
Estadísticas descriptivas para los intervalos :

Límite inferior	Límite superior	Frecuencia	Frecuencia relativa	Densidad
0	2	507	0.119	0.059
2	4	330	0.077	0.039
4	6	196	0.046	0.023
6	8	228	0.053	0.027
8	10	218	0.051	0.025
10	12	173	0.040	0.020
12	14	196	0.046	0.023
14	16	187	0.044	0.022
16	18	224	0.052	0.026
18	20	218	0.051	0.025
20	22	162	0.038	0.019
22	24	179	0.042	0.021
24	26	200	0.047	0.023
26	28	179	0.042	0.021
28	30	199	0.047	0.023
30	32	204	0.048	0.024
32	34	213	0.050	0.025
34	36	197	0.046	0.023
36	38	163	0.038	0.019
38	40	69	0.016	0.008
40	42	29	0.007	0.003
42	44	7	0.002	0.001
44	46	0	0.000	0.000

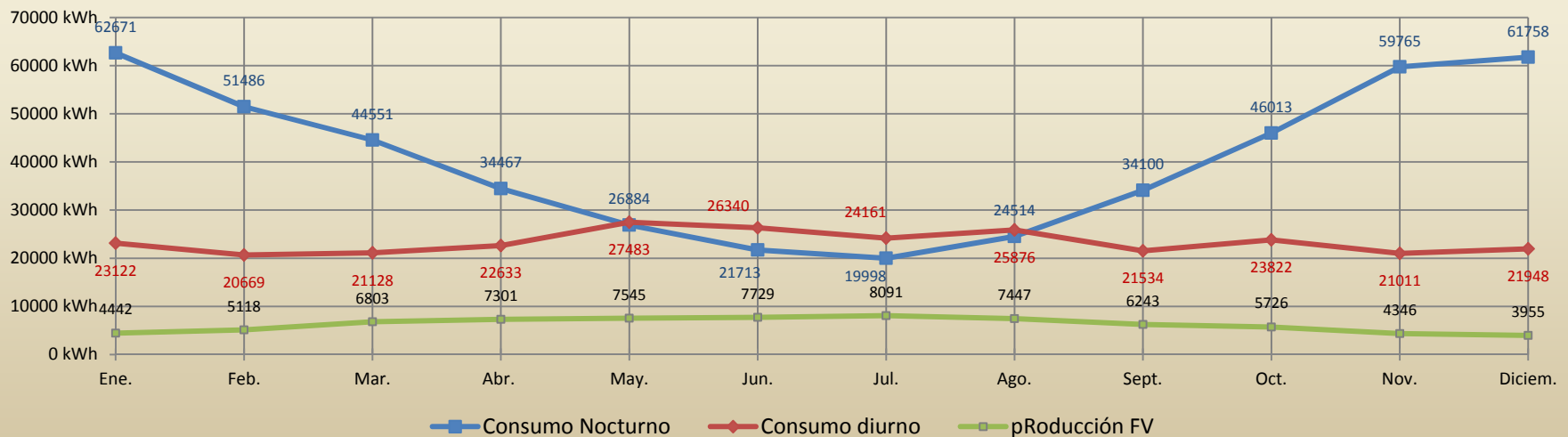


Análisis Gráfico Producción FV / Consumo

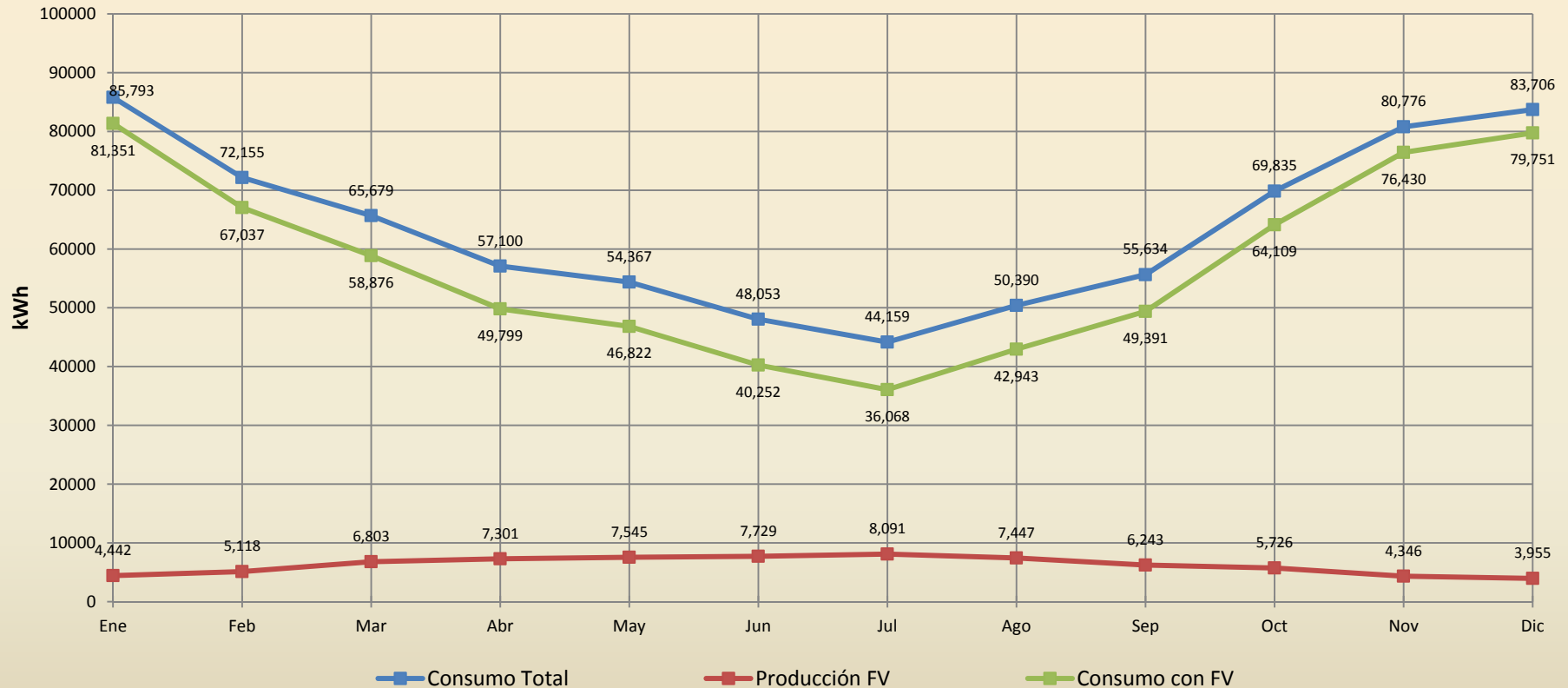
Consumo mensual y producción media en kWh/ mes.



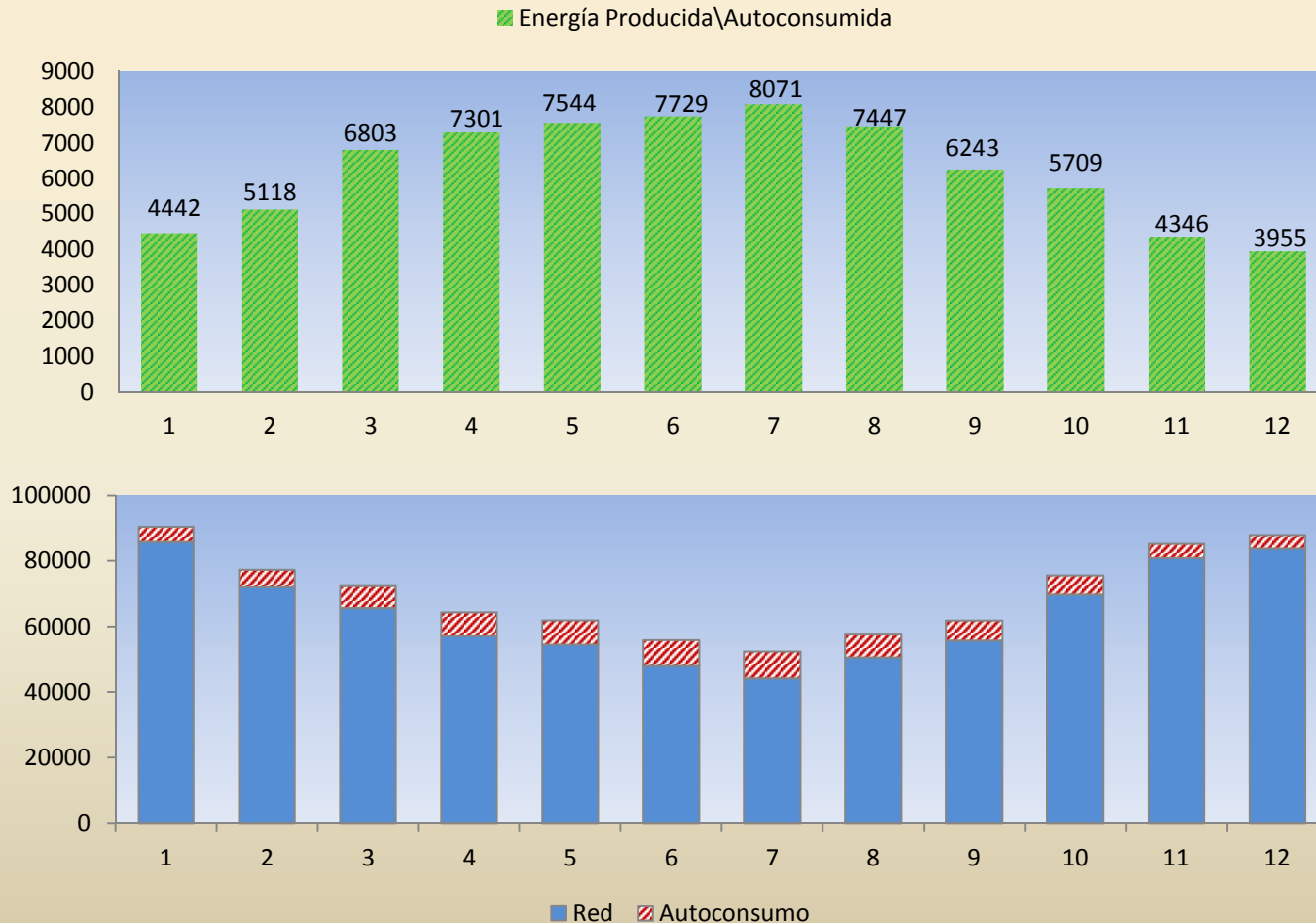
Consumo diurno, nocturno y producción mensual media en kWh/ mes



Análisis Gráfico Producción FV / Consumo



Análisis Gráfico Producción FV / Consumo

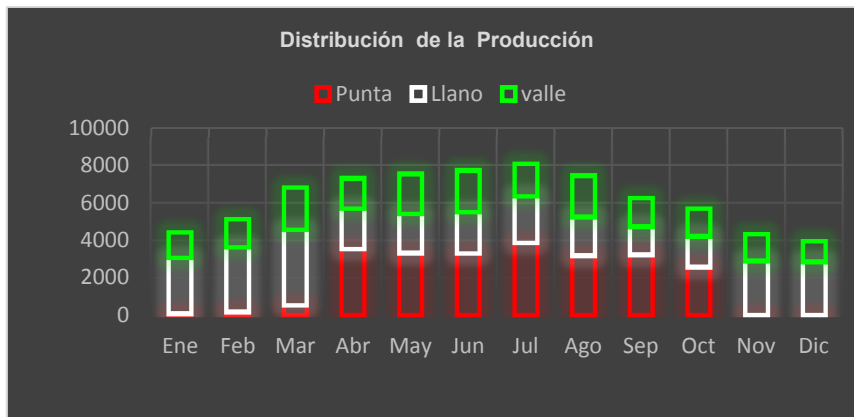


Producción por Periodos Tarifarios

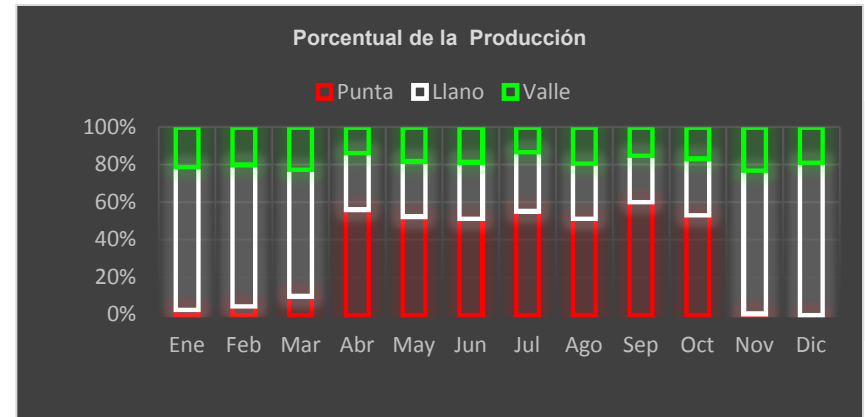
Producción mensual en periodos tarifarios kWh/mes

Producción mensual 2014													
kWh	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Punta	97,71	187,45	534,75	3.553,06	3.328,51	3.316,71	3.865,23	3.188,01	3.236,92	2.584,50	25,98	3,88	23.922,72
Llano	2,972.84	3,430.52	4,036.39	2,133.96	2,086.45	2,200.83	2,481.20	2,056.98	1,493.86	1,632.19	2,881.89	2,854.29	30,261.40
Valle	1,371.74	1,499.65	2,231.99	1,613.67	2,129.48	2,211.78	1,724.16	2,201.86	1,512.26	1,491.91	1,438.02	1,097.25	20,523.77
Total	4,442.3	5,117.6	6,803.1	7,300.7	7,545.4	7,729.3	8,091.1	7,447.1	6,243.0	5,725.7	4,345.9	3,955.4	74,746.62
%	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Punta	2.80%	4.62%	10.01%	56.13%	52.46%	51.19%	55.13%	51.28%	60.06%	53.30%	0.77%	0.12%	38.57%
Llano	75.80%	75.25%	67.24%	29.99%	29.26%	30.22%	31.48%	29.44%	24.66%	29.95%	76.02%	80.86%	43.41%
Valle	21.40%	20.13%	22.75%	13.88%	18.28%	18.59%	13.39%	19.28%	15.28%	16.75%	23.21%	19.02%	18.02%
Total	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	

Producción en periodos, Punta, Valle y Llano en kWh/mes

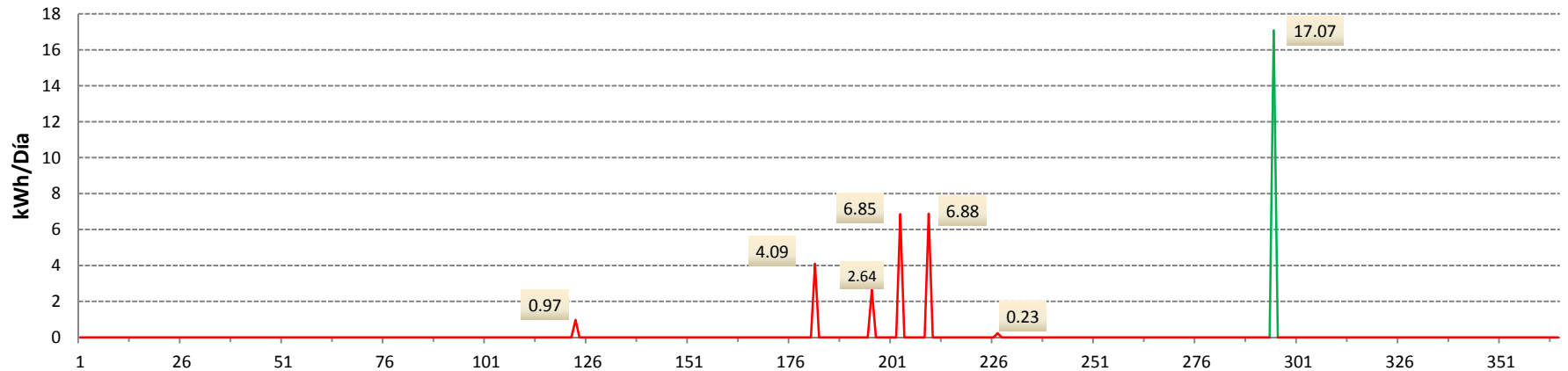


Porcentual de la Producción media por periodos tarifarios



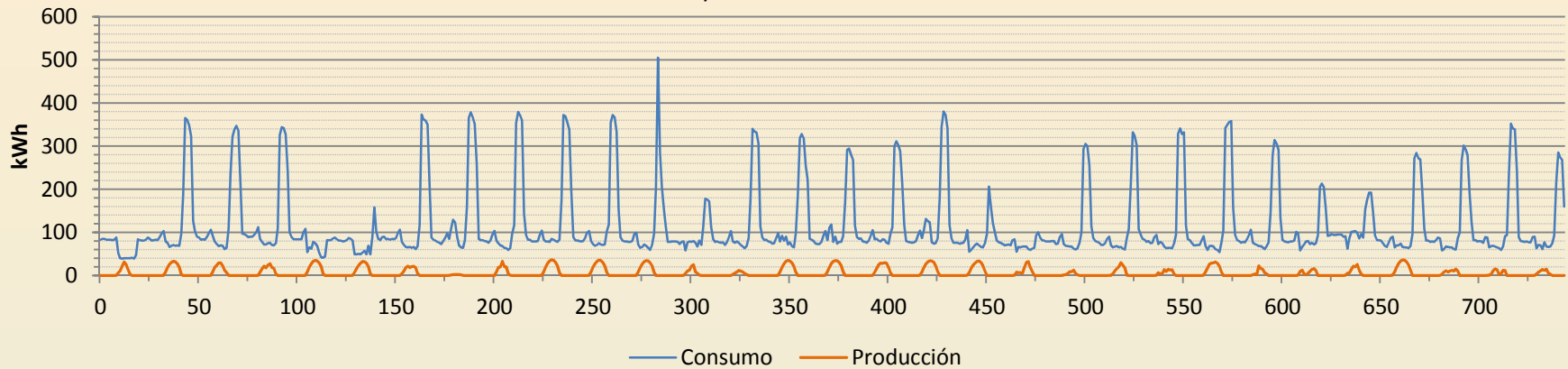
Excedentes Horarios 1º Año

Excedentes (kWh)													
kWh	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.8	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9
15	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0	-13.1	-0.2	0.0	-5.1	0.0	0.0	-18.6
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-6.2	0.0	0.0	-12.0	0.0	0.0	-18.2
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.0	0.0	-19.7	-0.2	0.0	-17.1	0.0	0.0	-38.0

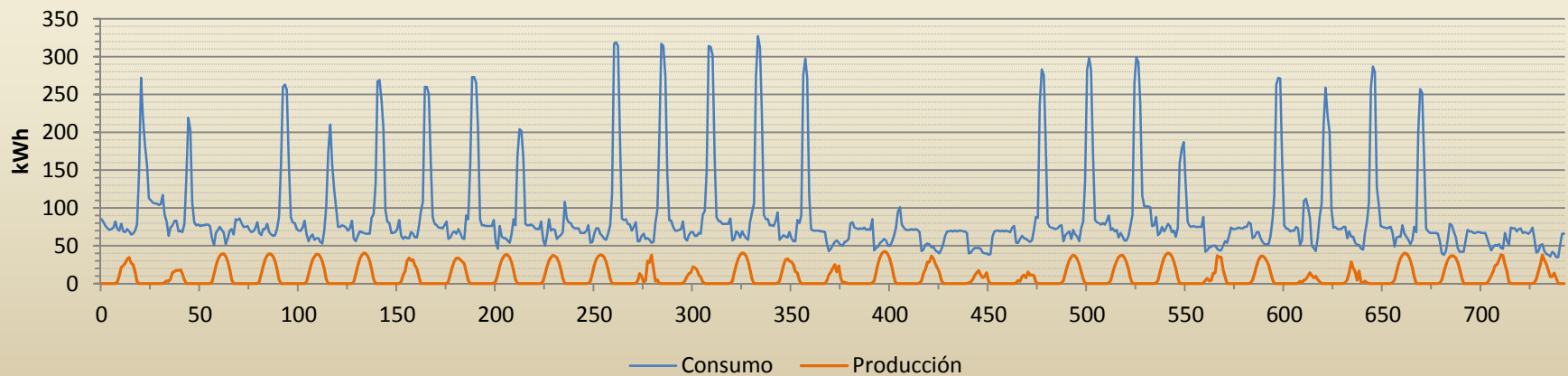


Comprobación Gráfica de Excedentes

Producción/Consumo Enero en kWh

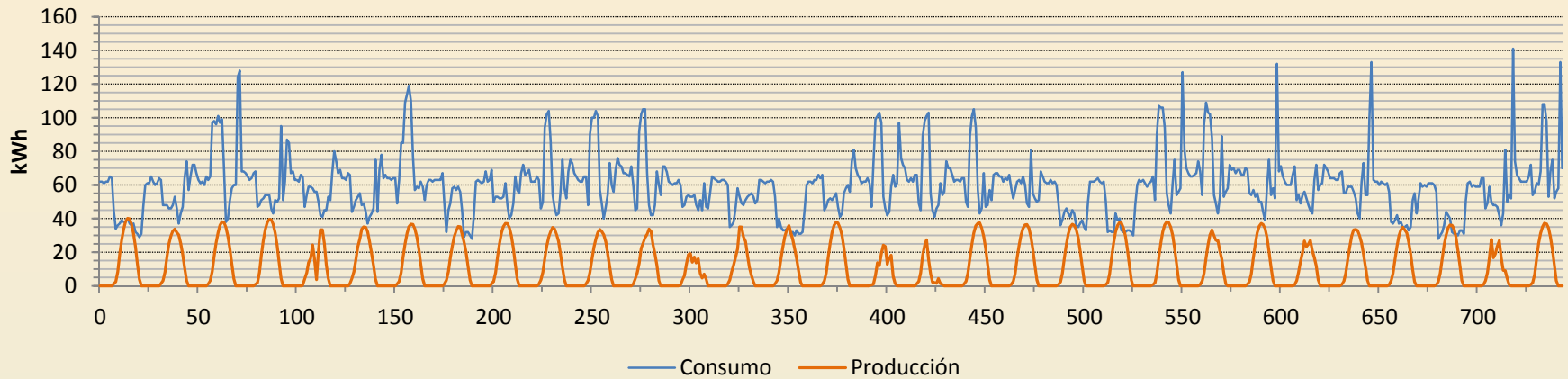


Producción/Consumo Marzo en kWh

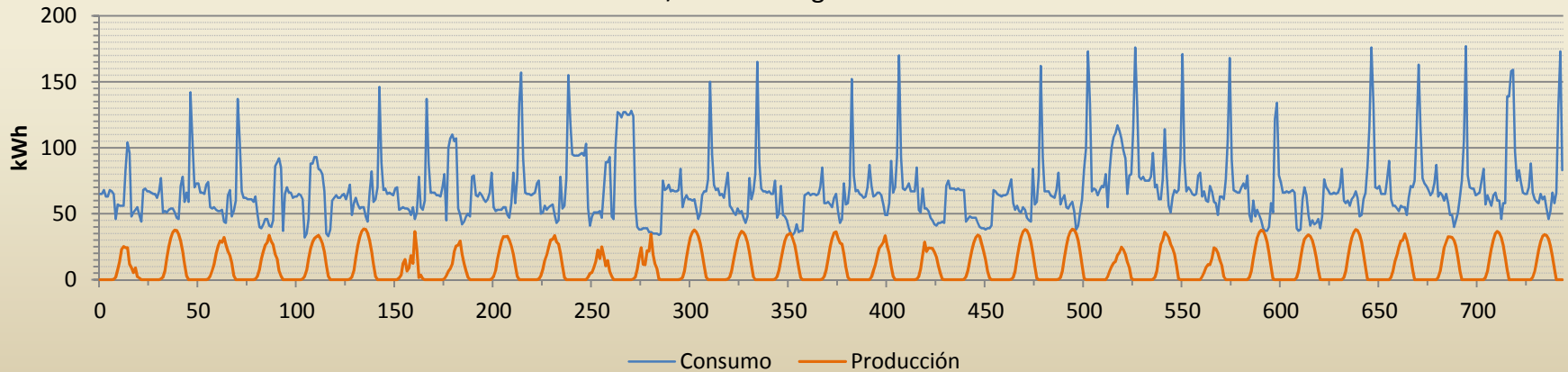


Comprobación Gráfica de Excedentes

Producción/Consumo Julio en kWh

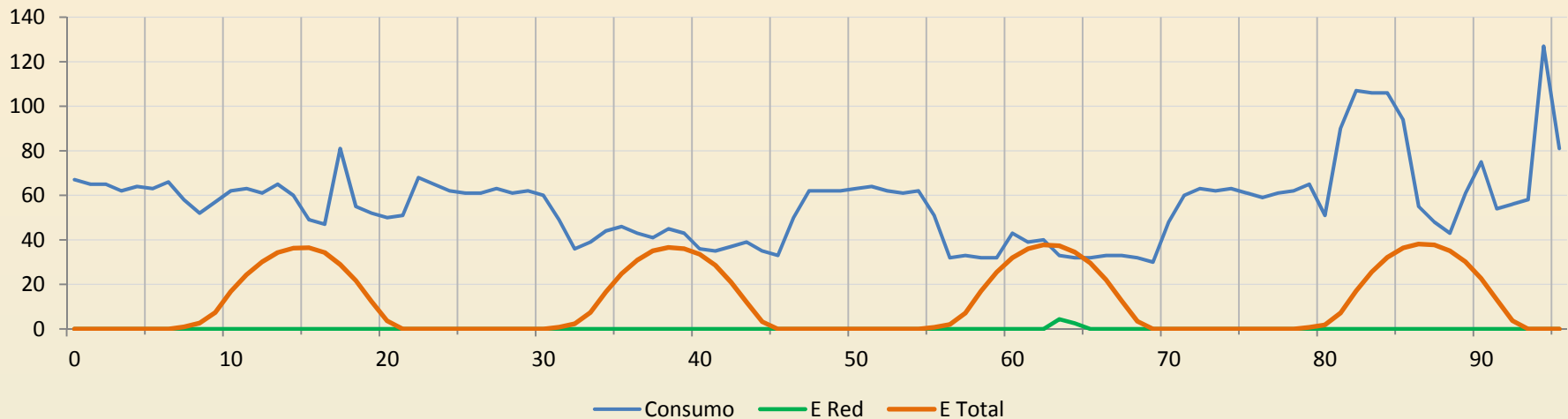


Producción/Consumo Agosto en kWh

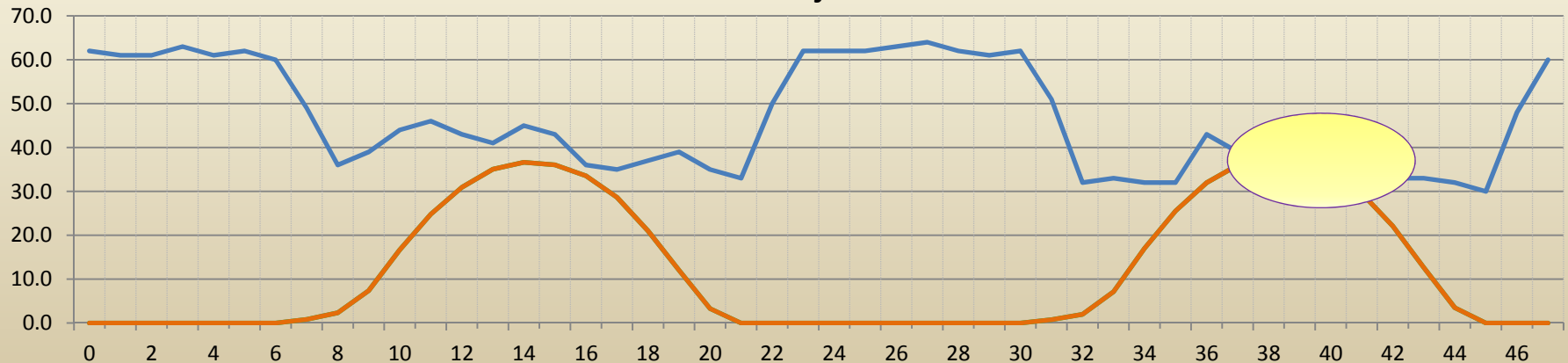


Detalle mes de Julio

Del 20 al 23 de julio kWh

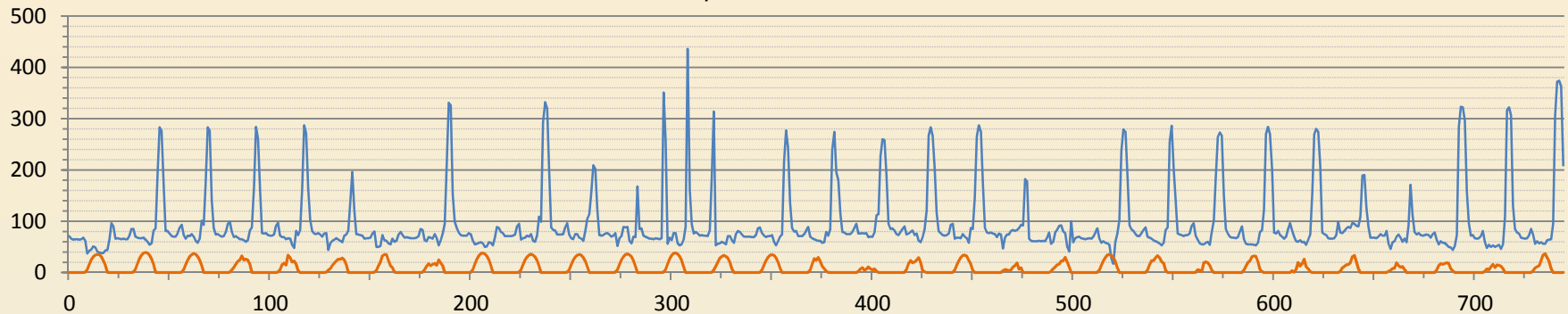


Del 21 al 22 de julio kWh

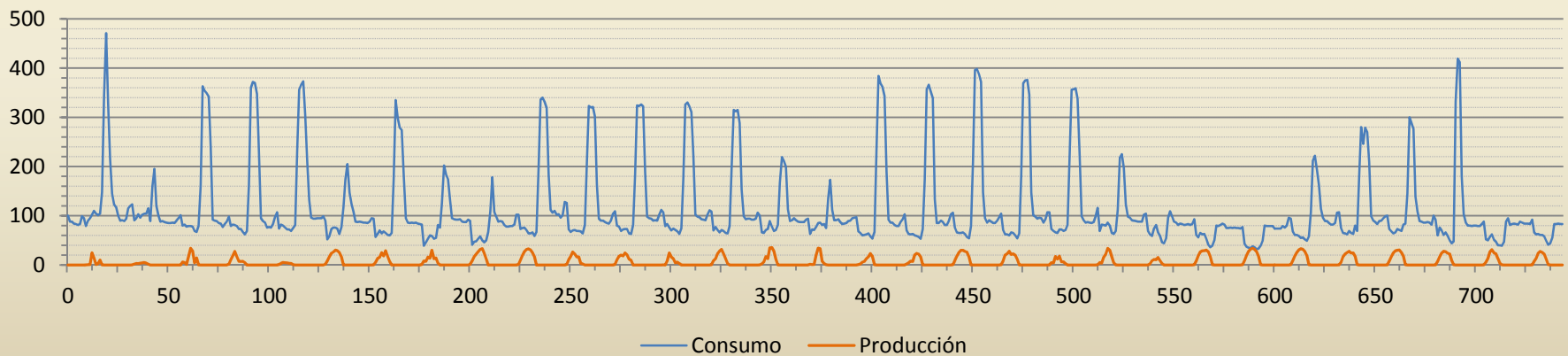


Comprobación Gráfica de Excedentes

Producción/Consumo Octubre en kWh



Producción/Consumo Diciembre en kWh

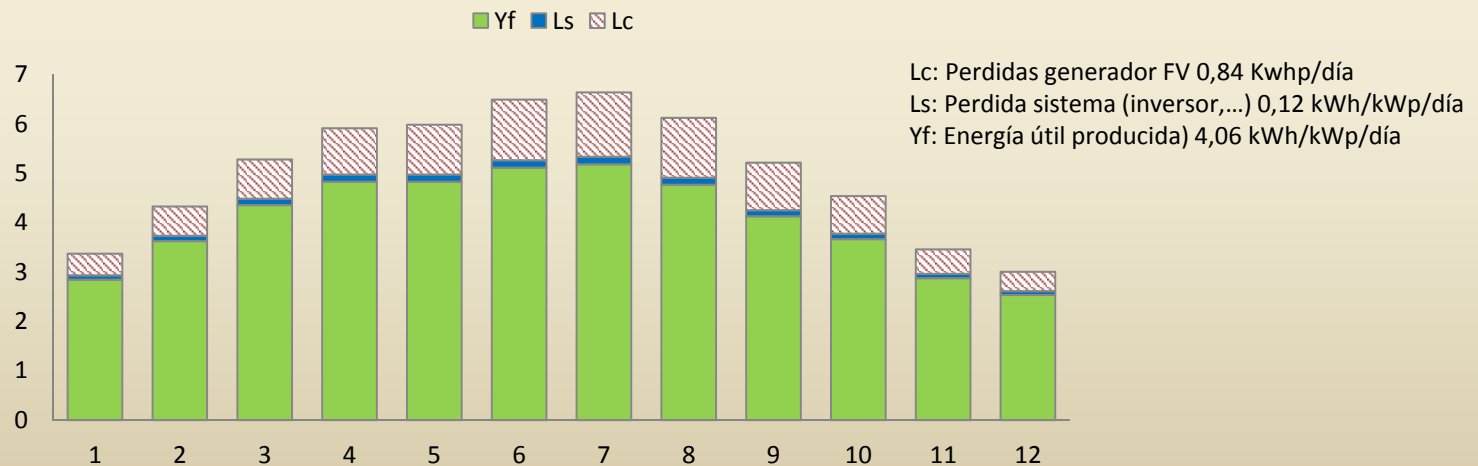


Resumen Producción

Resultados de la simulación para el sistema completo

Irradiación sobre la horizontal:	1628,3 kWh/m ²	Consumo propio:	2,7 kWh
Irradiación sobre el generador FV:	1835.7 kWh/m ²	Energía producida por el GFV:	74747 kWh
Irradiación menos reflexión:	1728.4 kWh/m ²	Fracción solar:	9,7 %
Energía suministrada por el inversor	75.354 kWh	Grado de eficiencia del sistema:	11,4 %
Energía inyectada en la red:	38,73 kWh	Performance Ratio:	80,8 %
Demanda de consumo:	767.714 kWh	Rendimiento global (Final yield):	4,1 h/d
Uso directo del gen-FV:	74.708 kWh	Rendimiento específico anual:	1.483 kWh/kWp
Energía suministrada por la red:	3 kWh	Eficiencia del generador:	11,7 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



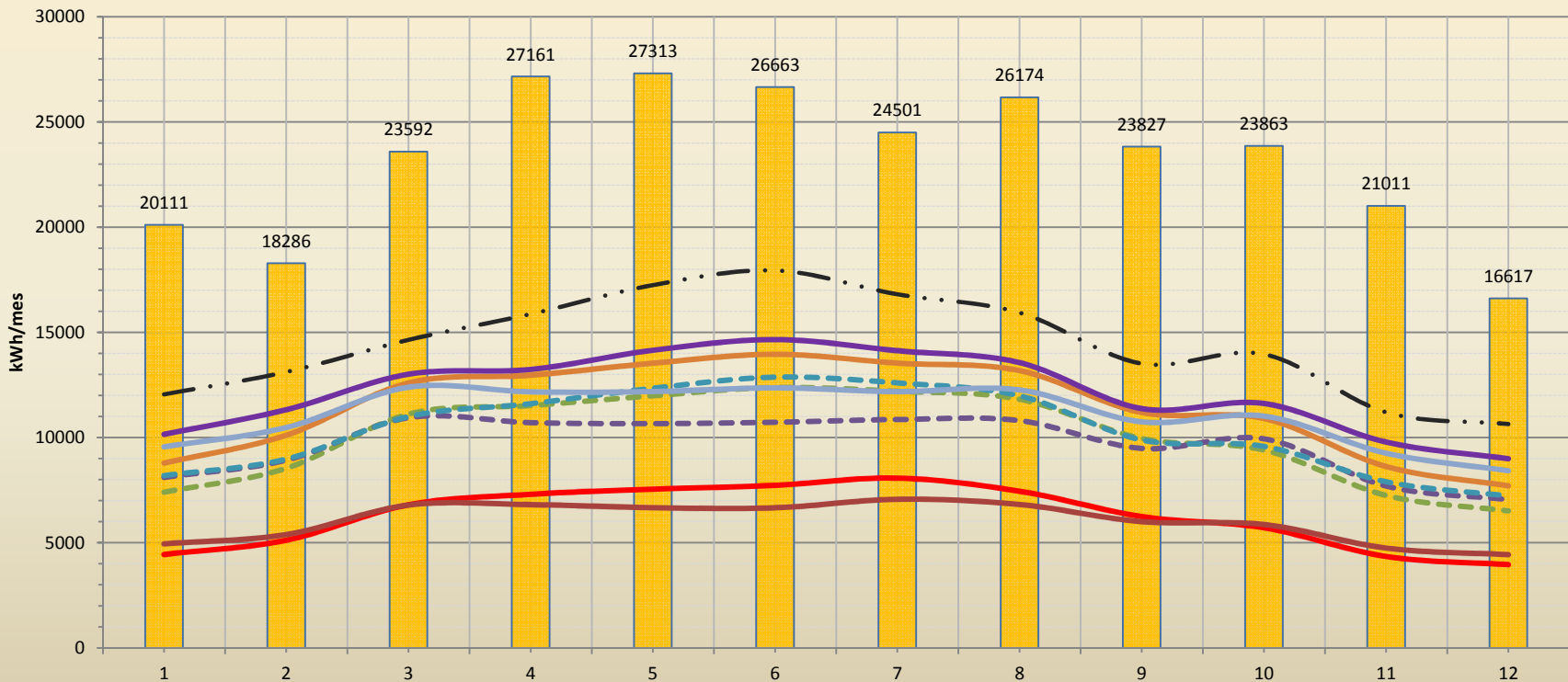
Productividad Final Anual, YF

1483

kWh / kWp

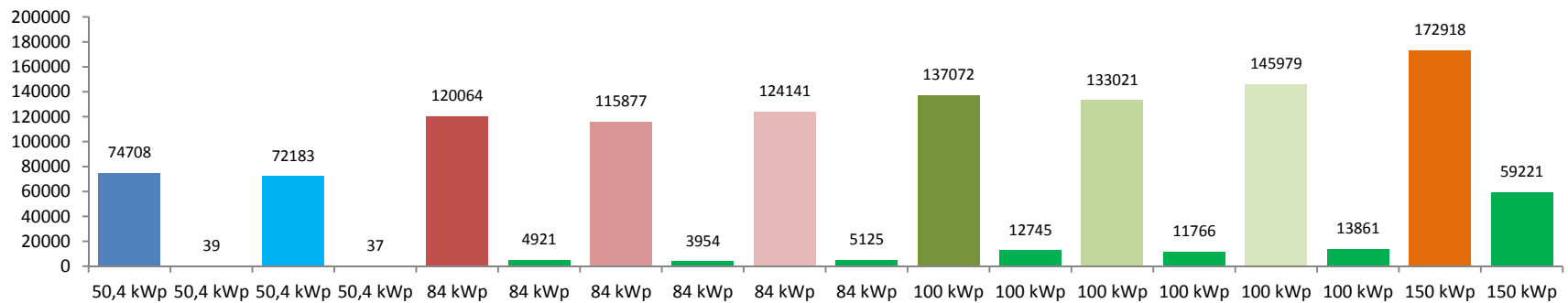
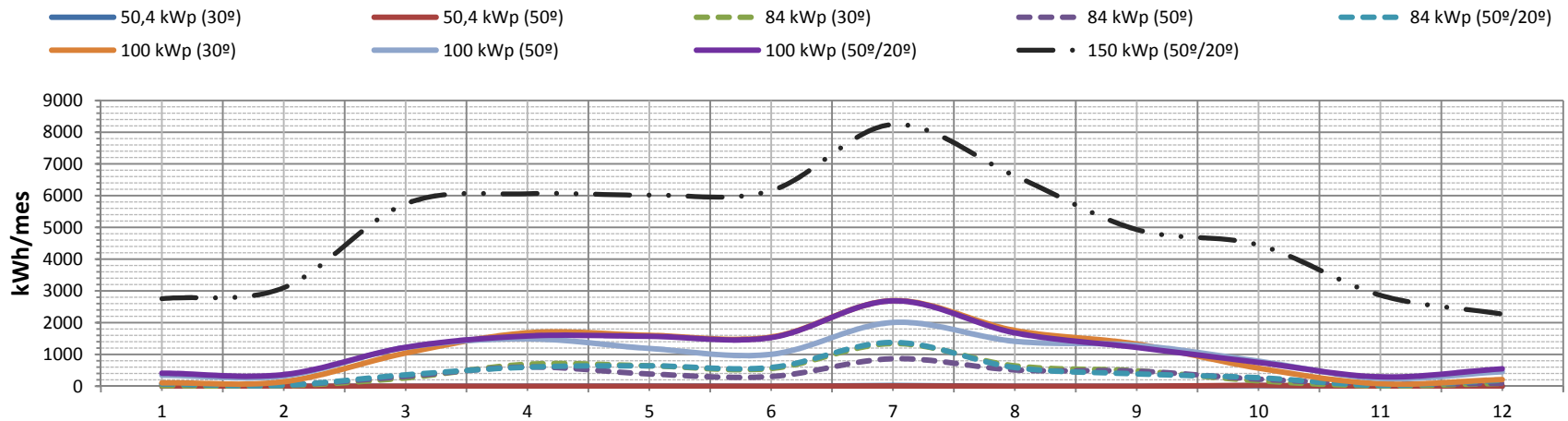
Comparación Posibles Variantes

■ Carga H. Solar
 — 50,4 kWp (30°)
 — 50,4 kWp (50°)
 - - - 84 kWp (30°)
 - - - 84 kWp (50°)
 - - - 84 kWp (50°/20°)
 — 100 kWp (30°)
 — 100 kWp (50°)
 — 100 kWp(50°/20°)
 - · - 150 kWp (50°/20°)



Comparación Posibles Variantes

Excedentes



(30,27)	(50,27)	(30,27)	(50,27)	(50-20,27)	(30,27)	(50,27)	(50-20,27)	(30,27)
---------	---------	---------	---------	------------	---------	---------	------------	---------

Viabilidad Económica

Producción anual primer año (kWh)	74.746,62
Deterioro anual primeros 25 años (%)	20 %
Deterioro anual desde el año 25 al 40 (%)	12 %
Coste del seguro (euros)	400
Mantenimiento ordinario primer año (euros)	450
Aumento de costes de mantenimiento anuales %	2 %
Otros gastos previstos durante el primer año	150
Aumento de costes anuales por otros gastos (%)	2 %
Cambio de inversores cada 25 años	8.000
Coste medio del Kwh el primer año	0.151
Aumento del coste del kWh anual (%)	3%
Inversión inicial (euros)	86327,45
Periodo de vida máximo esperado de la instalación	40 años
Año de puesta en marcha de la instalación	2014

	E. Activa	Coste	Precio Medio:	E. Activa Aj	Ahorro Aj
Mes	kWh	Euros	€/kWh	kWh	Euros
Ene	4442.294	636.221	0.143	4442.294	636.221
Feb	5117.620	739.522	0.145	5117.620	739.522
Mar	6803.134	973.821	0.143	6803.134	973.821
Abr	7300.696	1154.145	0.158	7300.696	1154.145
May	7544.438	1156.701	0.153	7545.404	1156.701
Jun	7729.326	1181.275	0.153	7729.326	1181.275
Jul	8070.590	1278.355	0.158	8091.057	1278.355
Ago	7446.856	1133.490	0.152	7447.087	1133.490
Sep	6243.038	982.605	0.157	6243.038	982.605
Oct	5708.602	884.074	0.155	5725.669	884.074
Nov	4345.882	614.968	0.142	4345.882	614.968
Dic	3955.414	572.634	0.145	3955.414	572.634
2014	74707.890	11307.810	0.151	74746.620	11307.810

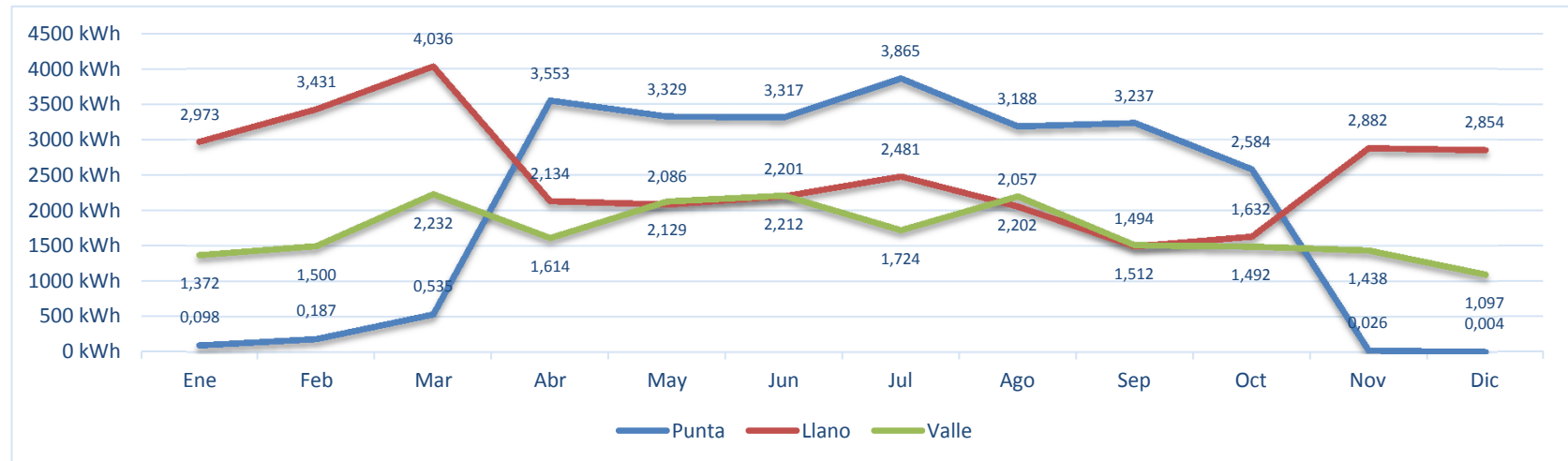
Presupuesto aproximado

Concepto	Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)	€/Wp	% Sobre Presupuesto
Módulo fotovoltaico Atersa A280P 280Wp	180	160	28800	0.57	40.37%
Estructura de soporte aluminio para un módulo	180	70	12600	0.25	17.66%
Inversor de red Siemens Sinvert PVM17	3	2500	7500	0.15	10.51%
Transformador aislamiento Gálvanico 50 KVA	1	1645	1645	0.03	2.31%
Cableado, protecciones eléctricas	1	10300	10300	0.20	14.44%
Montaje y puesta en marcha.	1	6500	6500	0.13	9.11%
Ingeniería y estudio previos	1	2000	2000	0.04	2.80%
Dirección de obra	1	2000	2000	0.04	2.80%
TOTAL COSTE INICIAL			71345	1.42	100.00%
IVA 21 %			14982.45	0.30	
TOTAL COSTE CON IMPUESTOS			86327.45	1.71	

Viabilidad Económica

Producción mensual (kWh) por periodos tarifarios.

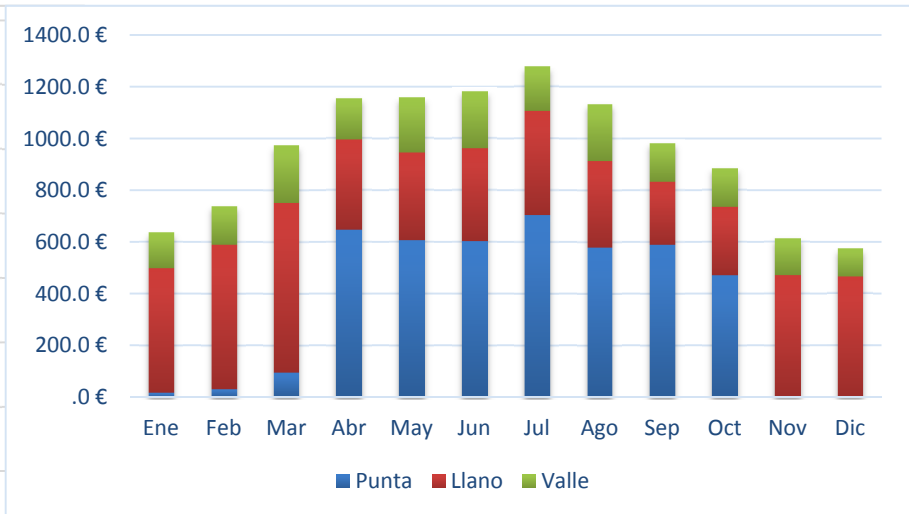
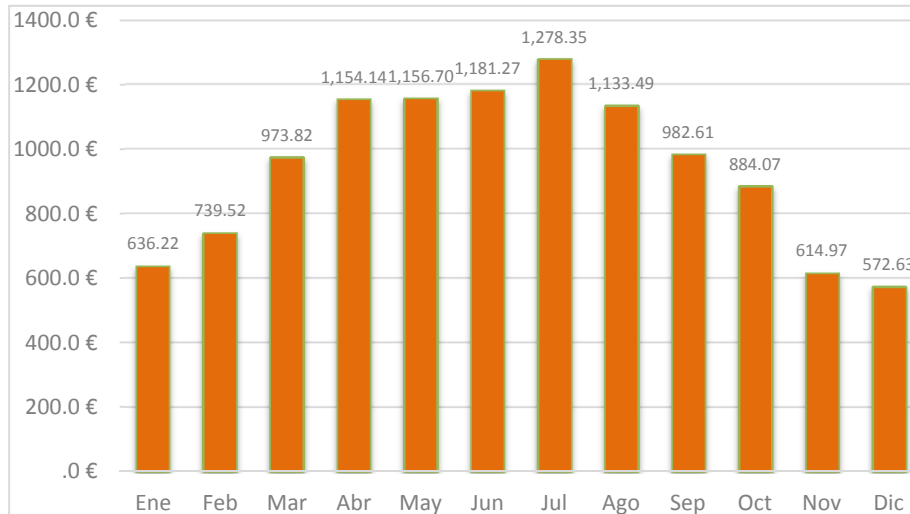
kWh	Punta	Llano	Valle	Total
Ene	97.71	2972.84	1371.75	4442.29
Feb	187.45	3430.52	1499.65	5117.62
Mar	534.75	4036.40	2231.99	6803.13
Abr	3553.06	2133.96	1613.67	7300.70
May	3328.51	2086.45	2129.47	7544.44
Jun	3316.71	2200.83	2211.78	7729.33
Jul	3865.23	2481.19	1724.16	8070.59
Ago	3188.01	2056.98	2201.86	7446.86
Sep	3236.92	1493.86	1512.26	6243.04
Oct	2584.50	1632.19	1491.91	5708.60
Nov	25.97	2881.89	1438.016	4345.88
Dic	3.88	2854.29	1097.25	3955.41
Total 2014	23922.72	30261.40	20523.77	74707.89



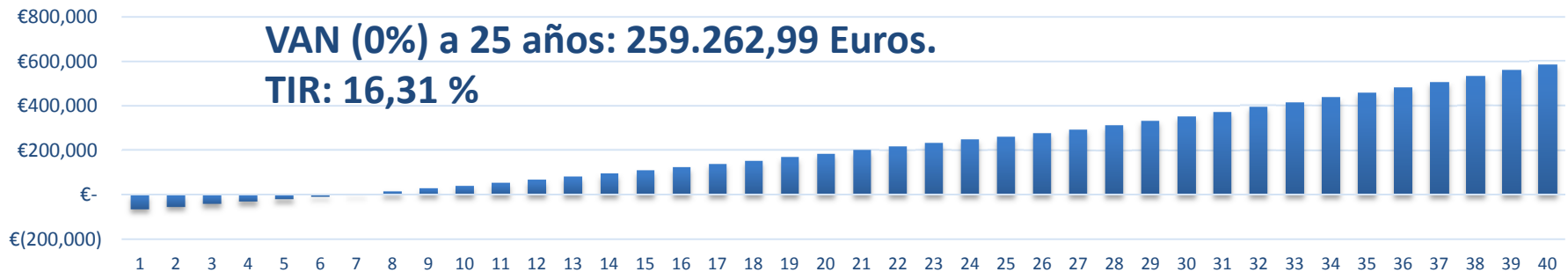
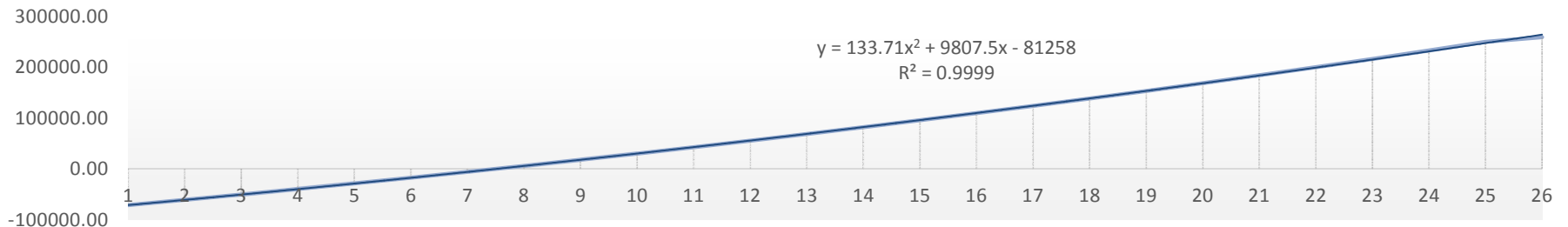
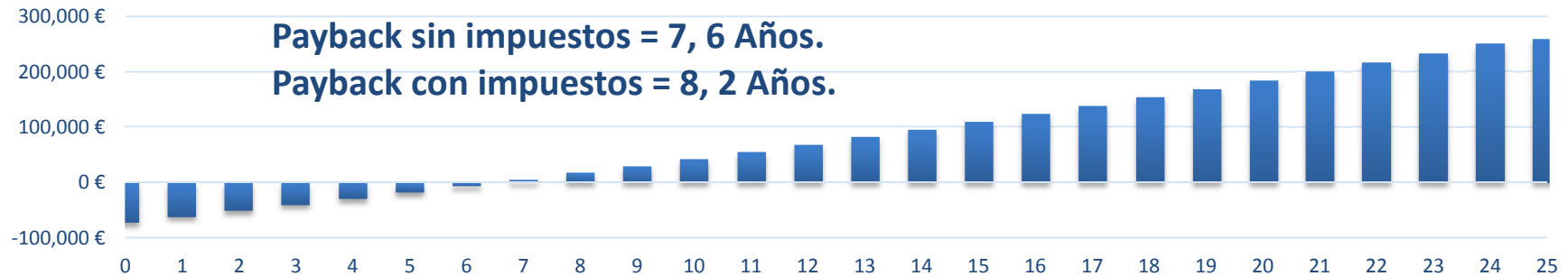
Viabilidad Económica

Producción mensual (Euros) por periodos tarifarios

Euros	Punta	Llano	Valle	Total
Ene	17.82	482.23	136.17	636.22
Feb	34.18	556.48	148.86	739.52
Mar	97.50	654.76	221.57	973.82
Abr	647.80	346.16	160.19	1154.14
May	606.86	338.45	211.39	1156.70
Jun	604.71	357.01	219.56	1181.27
Jul	704.71	402.48	171.15	1278.35
Ago	581.24	333.67	218.58	1133.49
Sep	590.16	242.32	150.12	982.60
Oct	471.21	264.76	148.10	884.07
Nov	4.74	467.48	142.75	614.97
Dic	0.71	463.00	108.92	572.63
Total 2014	4361.63	4908.81	2037.37	11307.81

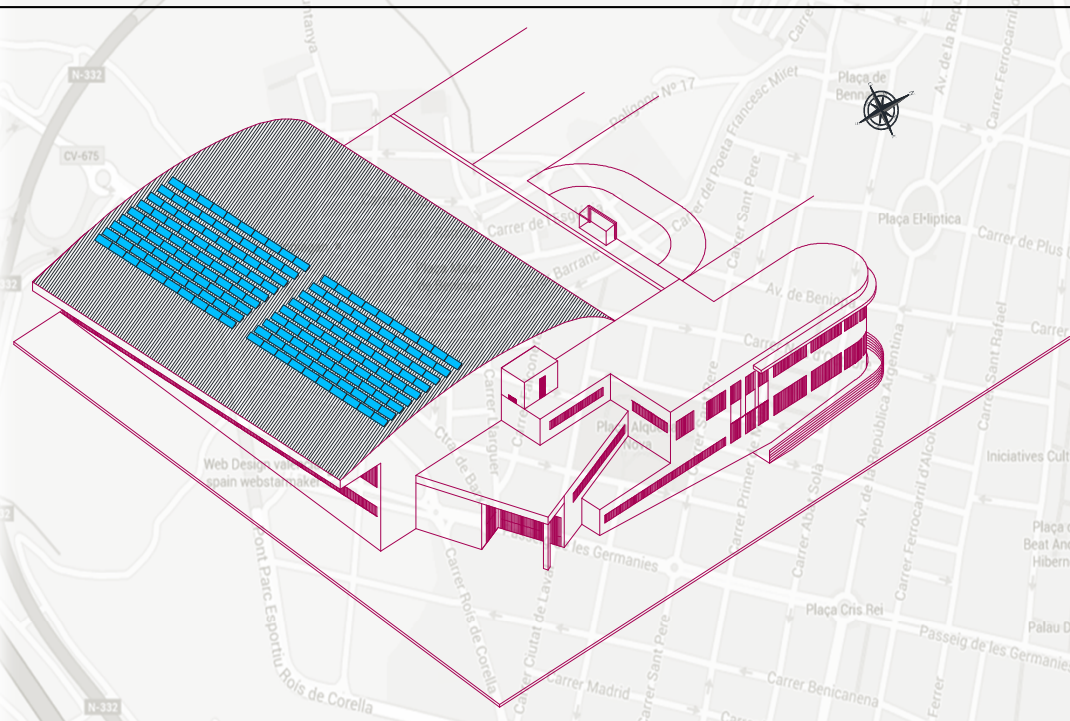


Viabilidad Económica



Conclusiones

CkWh a 25 años sin impuestos: 0,066 Euros .
CkWh a 40 años sin impuestos: 0,054 Euros .



El estudio puede generalizarse al aprovechamiento de las cubiertas de la mayor parte de los edificios públicos municipales, que en su mayor parte serían menores a 20 kWp y se generaría energía eléctrica de origen renovable que permitiría en el escenario normativo actual ahorros económicos significativos y una disminución proporcional en la emisión de GEI.

La producción eléctrica anual es de 74.747 kWh, los Gases de Efecto Invernadero que dejarían de emitirse en el primer año (2014) serían de unos 12.408 kg de CO₂, 19,3 kg de NO_x y 31,8 kg de SO₂ durante el primer año; el año 25 el ahorro de emisiones será aproximadamente un 80% de esta cantidad (3.060 kg de CO₂, 5,4 kg de NO_x y 8,1 kg de SO₂). A lo largo de los veinticinco primeros años de vida de la instalación se evitarían de CO₂ es de unas 282 Tn, 439 kg de NO_x y 722 kg de SO₂.

La instalación de 50,4 kWp aporta el 9,75% de la energía que el complejo polideportivo necesita, produce 74.747 kWh de electricidad de origen renovable destinada 100 % al autoconsumo. El coste de generación es de unos 6 céntimos por Kilovatio (6 cent €/kWh), muy por debajo de los 15 cent €/kWh que se paga por la electricidad, se obtendría un ahorro económico anual promedio de aproximadamente 13.200 euros en la factura lo que amortiza la instalación en unos 7,5 años.